

**MINISTERE DES
AFFAIRES ECONOMIQUES**

**MINISTERIE VAN
ECONOMISCHE ZAKEN**

**ADMINISTRATION DE LA
QUALITE ET DE LA SECURITE**

**BESTUUR
KWALITEIT EN VEILIGHEID**

**GEOLOGICAL SURVEY OF BELGIUM
PROFESSIONAL PAPER
1998/1 - N.286**

DE STEENKOOLVERKENNINGSBORING HECHTEL-HOEF

(Boring 174 van het Kempisch Bekken)

Annexe

**RENCONTRE DE PETROLE
AU SONDAGE N° 118 A BOURG-LEOPOLD**



**SERVICE GEOLOGIQUE DE BELGIQUE
BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST**



Rue Jenner 13 - 1000 Bruxelles
Jennerstraat 13 - 1000 Brussel

ISSN 0378-0902

**MINISTERE DES
AFFAIRES ECONOMIQUES**

ADMINISTRATION DE LA
QUALITE ET DE LA SECURITE
SERVICE GEOLOGIQUE DE BELGIQUE

**MINISTERIE VAN
ECONOMISCHE ZAKEN**

BESTUUR
KWALITEIT EN VEILIGHEID
BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST

GEOLOGICAL SURVEY OF BELGIUM*
PROFESSIONAL PAPER 1998/1, N. 286, 129 p, 24 text-fig.

DE STEENKOOLVERKENNINGSBORING HECHTEL-HOEF

(Boring 174 van het Kempisch Bekken)

Kaartblad Peer 47E 196

Annexe

**RENCONTRE DE PETROLE
AU SONDAGE N° 118 A BOURG-LEOPOLD**

Comité éditorial : L. Dejonghe, P. Laga, R. Paepe
Service Géologique de Belgique
Rue Jenner, 13 - 1000 Bruxelles

Redactieraad: L. Dejonghe, P. Laga, R. Paepe
Belgische Geologische Dienst
Jennerstraat 13, 1000 Brussel

* « The Geological Survey of Belgium cannot be held responsible for the accuracy of the contents, the opinions given and the statements made in the articles published in this series, the responsibility resting with the authors ».

Editeur responsable: Roland PAEPE
rue Jenner 13
1000 Bruxelles
D 1998/0880/1

Dépôt légal:

Verantwoordelijke uitgever: Roland PAEPE
Jennerstraat 13
1000 Brussel
D 1998/0880/1

Wettelijk depot:

DE STEENKOOLVERKENNINGSBORING HECHTEL-HOEF (Boring 174 van het Kempisch Bekken)

Kaartblad Peer 47E 196

door

**M. DUSAR¹, M.J.M. BLESS², K. BURGER³, M. DEMARET⁴, M. HARDY^{4,5}, V. LANGENAEKER⁶, LIE SUN
FAN⁷, E. PAPROTH⁸, P. PIÉRART⁹, Y. SOMERS¹⁰, M. STREEL¹ & L. WOUTERS¹¹**

Annexe

RENCONTRE DE PÉTROLE AU SONDAGE N° 118 À BOURG-LÉOPOLD

Pl. Leopoldsburg 47W 251

par

R. LEGRAND¹ & A. DELMER¹

1. Belgische Geologische Dienst/ Service Géologique de Belgique, Jennerstraat 13, B-1000 Brussel
2. Looierstraat 3, NL-6271 BA Gulpen
3. Ruhrkohle, Halbe Höhe 10, D- Essen
4. Université de Liège, Services associés de Paléontologie, Place du Vingt Août 4, B-4000 Liège
5. Cenex, Geology and Geophysics, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803, USA
6. Geologica, Tervuurse Steenweg 200, B-3080 Bertem (ex. K.U.Leuven, Instituut Aardwetenschappen)
7. G.C.S., Romeinse Put 26/21, B-2650 Edegem
8. GLANW, Schwanenburgstrasse 14, D-47804 Krefeld
9. Univ. Mons, Service de Biologie, 22 Place du Parc, B-7000 Mons
10. ISSeP, 200 rue du Chéra, B-4000 Liège
11. NIRAS, Madouplein 1 bus 25, B-1210 Brussel + Geologica, Tervuurse Steenweg 200, B-3080 Bertem

DE STEENKOOVERKENNINGSBORING HECHTEL-HOEF
(Boring 174 van het Kempisch Bekken)

Korte inhoud

Samenvatting/Résumé/Abstract/Zusammenfassung	3
1. Uitvoering van de boring	5
1.1. Ligging	5
1.2. Technische beschrijving	7
1.2.1. Aanneming	11
1.2.2. Operatieschema	11
1.2.3. Putarchitectuur	11
1.2.4. Metingen	13
2. Dekterreinen	14
2.1. Onderverdeling	14
2.2. Tertiair - Krijt	15
2.3. Permo-Trias	17
2.3.1. Onderverdeling	17
2.3.2. Sedimentaire opeenvolging	17
2.4. Seismische stratigrafie	19
3. Steenkoolterrein	22
3.1. Onderverdeling	22
3.2. Voorstelling	37
3.3. Tonstein	37
3.3.1. Ergebnis der petrographischen Untersuchungen	37
3.3.2. Mikroskopische Dünnschliffuntersuchungen und Röntgenanalysen	40
3.4. Paleontologie	50
3.4.1. Megafloora	50
3.4.2. Miosporen steenkool	60
3.4.3. Miosporen detrietische gesteenten en palynofacies	61
3.4.4. Megasporen	64
3.4.5. Niet-mariene schelpen	65
3.5. Sedimentologie	65
3.6. Koolwaterstof-potentieel	66
3.6.1. Rockeval analyses	66
3.6.2. Spectraalmetingen	70
4. Structuur	70
5. Koollagen	71
5.1. Kolengehalte	71
5.2. Steenkoolanalyses	74
5.2.1. Steenkoolkwaliteit	74
5.2.2. Inkoling	75
5.2.3. Internationale classificatie	75
6. Besluiten	87
7. Dankwoord	87
8. Referenties	88
Annexe ' Rencontre de pétrole au sondage N°118 à Bourg-Léopold ' par R. Legrand & A. Delmer (Olievondst in boring KB118 te Leopoldsburg)	91
Bijlage 1. Correlatie boorvoortgang (ROP, gemeten door boormeester), litholog en gammastraling	94
Bijlage 2. Spoelingsgasanalyse	107
Bijlage 3. Stratigrafische beschrijving spoelmonsters Dekterreinen	108
Bijlage 4. Megafloora analyse	109
Bijlage 5. Fauna analyse	114
Bijlage 6. Lijst der koollagen, opgesplitst volgens ontginbaarheidsklassen	120
Bijlage 7. Lijst der figuren	128
Bijlage 8. Lijst der tabellen	129

Samenvatting Boring KB174 (Hechtel-Hoef), geboord in 1985, vormt een onderdeel van het onderzoeksprogramma van de Belgische Geologische Dienst naar de steenkoolreserves in het Kempisch Bekken. Zij werd uitgevoerd in het Beringen-Zolder Noordveld in aansluiting op de seismische campagne Leopoldsburg 1984. De boring is gelegen in het mogelijk rijkste kolenveld van het westelijk steenkoolbekken, tussen de breuken van Helchteren en Donderslag, met weinig gestoorde noordhellende lagen onder de subhorizontale Tertiair-Krijt sequentie, tot 729 m, en een 120 m dik Permo-Trias pakket (top Karboon 847.50 m - einddiepte boring 1500.20 m). Westphaliaan A-B lagen werden aangeboord: Bundel van Eikenberg van top Karboon tot 995.76 m (Horizon van Eisden), Bundel van As tot 1293.59 m (Horizon van Quaregnon, tevens Westphaliaan A/B grens) en Bundel van Genk tot einddiepte. De Tonsteins Zollverein 2, Zollverein 8 en Karl 2 komen voor in resp. koollagen KS45b, KS48b en KS70. De standaard biozonatie voor het Westphaliaan in België werd herkend voor megaflora, miosporen, megasporen en niet-mariene schelpen. Een curve voor de relatieve zeespiegelstand op basis van derde tot vijfde orde cycli bevestigt de vroeg-variscische opheffing van het hinterland tijdens de overgang Westphaliaan A/B. Het steenkoolgehalte bedraagt 5.5%, de technische steenkoolreserves tot einddiepte 36.71 Mton/km², de potentieel ontginbare reserves tot einddiepte 22.23 Mton/km² of 18.10 Mton/km² tot -1250 m, met een gemiddelde kooldikte van 127 cm (max. 170 cm). De potentieel ontginbare koollagen vertegenwoordigen ruim 45 % van het totale steenkoolgehalte en de reserves liggen 30% boven het gemiddelde voor het Beringen-Zolder Noordveld, maar de laagdikte is niet veel hoger. Het steenkoolgehalte neemt duidelijk toe van de Bundel van Eikenberg naar de Bundel van Genk, met een concentratie in minder maar dikkere lagen (10 lagen met gemiddeld 117 cm kooldikte in het Westphaliaan B tegen 3 lagen met gemiddeld 158 cm kooldikte in het Westphaliaan A). De steenkool bestaat uit gasvlamkool en vlamkool (vluchtige bestanddelen 39-32%, Vrm 0.66-0.97%) met een gemiddelde boven calorische waarde van 33845 kJ/kg, asgehalte 8.9% en zwavel 0.99%, en is niet geschikt voor verkooksing. De boring bevindt zich aan de noordrand van een inkolingsminimum, zonder post-variscische n-inkoling. De vrij sterke mariene beïnvloeding van het steenkoolterrein laat zijn sporen na in de steenkoolkwaliteit, maar ook in de kerogenen (type II opvallend sterk vertegenwoordigd). Alhoewel de doorboorde koollagen in het olie-venster verkeren werd vrij methaangas aangetroffen in de onderste helft van het doorboorde Steenkoolterrein, en gebeurlijk ook in zandsteenbanken. De originele beschrijving van een olievondst in de nabijgelegen boring KB118 Leopoldsburg is toegevoegd.

Resume Le sondage de reconnaissance houillère Hechtel-Hoef (sondage 174 du Bassin de Campine)

Le sondage 174 du Bassin de Campine a été foré en 1985 par le Service géologique de Belgique dans une campagne de prospection houillère au nord des charbonnages de Beringen-Zolder, suite à la reconnaissance sismique de Bourg-Léopold en 1984. Le sondage est situé dans la partie la plus riche en charbon du bassin houiller occidental, entre les failles d'Helchteren et de Donderslag, caractérisée par des couches régulières à pendage nord, surmontées par une série Tertiaire-Créacé subhorizontale (base à 729 m) et par un biseau Permo-Triasique de 120 m d'épaisseur (sommet du Houiller à 847.50 m, profondeur totale 1500.20 m). Des couches appartenant au Westphalien A-B ont été traversées: le faisceau d'Eikenberg jusqu'à 995.76 m (Horizon marin d'Eisden), le faisceau d'As jusqu'à 1293.59 m (Horizon marin de Quaregnon, limite Westphalien A/B) et le faisceau de Genk jusqu'à la profondeur terminale. Les tonstein Zollverein 2, Zollverein 8 et Karl 2 ont été reconnus dans les couches KS45b, KS48b et KS70 respectivement. La succession des assemblages de mégaflore, miospores, mégaspores et mollusques non-marins correspond bien à la biozonation-type du Westphalien belge. L'établissement d'une courbe représentant les variations relatives du niveau marin, basée sur des cycles du troisième au cinquième ordre, indique que le soulèvement varisque a débuté à la transition Westphalien A/B. La teneur en charbon atteint 5.5% de la masse rocheuse; les réserves techniques de charbon traversé en sondage atteignent 36.71 Mton/km², les réserves potentiellement exploitables, 22.23 Mton/km² ou 18.10 Mton/km² jusqu'à -1250 m pour une épaisseur moyenne en charbon de 127 cm par couche (max. 170 cm). Les réserves de couches exploitables représentent 45% de la teneur totale en charbon, dépassant de 30% la moyenne calculée pour le gisement au nord de Beringen-Zolder, bien que l'épaisseur moyenne des couches ne varie guère. La variation des teneurs en fonction de la stratigraphie est importante: du Westphalien B au Westphalien A, la teneur en charbon augmente, le nombre de couches exploitables diminue mais leur épaisseur augmente (de 10 couches de charbon d'épaisseur moyenne de 117 cm à 3 couches d'épaisseur moyenne de 158 cm). Le charbon flambant (flénu) possède les propriétés suivantes: taux en matières volatiles diminuant de 39 à 32%, réflexion vitrinite moyenne augmentant de 0.66 à 0.97% (fenêtre à huile), valeur calorifique supérieure de 33845 kJ/kg, cendre 8.9% et soufre total 0.99%daf, sans propriétés cokéifiantes. Le sondage est situé au bord nord d'une anomalie négative de houillification, empêchant toute maturation thermique secondaire post-varisque. L'influence marine persistante pendant la sédimentation a également fourni une proportion élevée de kérogènes de type II. Les charbons et quelques bancs de grès dans la moitié inférieure du sondage contiennent du méthane libre. La relation d'une rencontre de pétrole en 1950 dans le sondage voisin n° 118, à Bourg Léopold complète ce rapport.

Zusammenfassung Die Steinkohlen-Erkundungsbohrung Hechtel-Hof (Bohrung 174 des Kempener Beckens)

Die Bohrung 174 des Kempener Beckens ist im Jahr 1985 vom Belgischen Geologischen Dienst im Rahmen eines Programms zur Untersuchung der Steinkohlevorräte im Kempener Becken abgeteuft worden. Sie wurde nach der seismischen Kampagne Leopoldsburg des Jahres 1984 im Nordfeld der Zechen Beringen-Zolder niedergebracht. Die Bohrung ist im kohlenreichsten Gebiet vom westlichen Teil des Steinkohlenbeckens, zwischen den Störungen von Helchteren und Donderslag, angesetzt worden. Das Karbon fällt wenig gestört nach Norden ein. Subhorizontal liegende Tertiär- und Kreidesteine werden in 729 m Teufe von 120 m mächtiger Permo-Trias unterlagert (Top Karbon bei 847 m Teufe; Endteufe 1500,20 m). Es wurden Schichten des Westfals A und B angetroffen: Schichten von Eikenberg vom Top Karbon bis 995,76 m (Eisden- bzw. Domina-Horizont), Schichten von As bis 1293,59 m (Quaregnon- bzw. Katharina-Horizont; Grenze Westfal A/Westfal B) und die Schichten von Genk bis zur Endteufe. Die Kaolinkohlensteine Zollverein 2, Zollverein 8 und Karl 2 wurden in den Flöze KS45b, bzw. KS48b und KS70 erkannt. Die Abfolgen der Megafloren-, der Mio- und Megasporen- und der Gemeinschaften nicht-mariner Mollusken entsprechen den typischen Biozonen-Folgen im belgischen Westfal. Eine Kurve der Meeresspiegelschwankungen wird mit Hilfe von Zyklen 3.-5. Ordnung konstruiert. Sie zeigt, dass die Hebung dieses Gebietes bereits nach der Wende Westfal A/B begann. Der Steinkohlenanteil an der durchteuften Schichtenfolge beträgt 5,5%, die technischen Steinkohlenreserven liegen bei 36,71 Mton/km², die möglicherweise gewinnbaren Reserven betragen 22,23 Mton/km² oder 18,10 Mton/km², berechnet bis -1250 m Teufe bei einer mittleren Flözmächtigkeit von 127 cm (max. 170 cm). Die Reserve an abbauwürdigen Flözen beträgt 45% des Gesamtgehaltes an Kohle, liegt also 30% über dem Mittel für die Gesteinsfolge im Gebiet nördlich von Beringen-Zolder, obgleich die mittlere Flöz-Mächtigkeit nicht so in diesem Masse schwankt. Die Variation des Gehaltes an Kohle in Abhängigkeit von der Stratigraphie ist bemerkenswert: vom Westfal B zum Westfal A nimmt der Kohlegehalt zu; die Zahl der abbauwürdigen Flöze nimmt zwar ab, aber ihre Mächtigkeit nimmt zu (von 10 Flöze mit im Mittel 117 cm Kohle auf 3 Flöze mit im Mittel 158 cm Kohle). Die Flammkohle hat folgende Eigenschaften: der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen vermindert sich von 39 auf 32%, die Rr (mittlere Vitrinit-Reflexion) nimmt von 0,66 auf 0,97% zu (gemessen in Öl), der Brennwert beträgt 33845 kJ/kg, Asche 8.9% und Schwefel 0,99% waf, die Kohle ist nicht verkokbar. Die Bohrung liegt am Nordrand einer negativen Inkohlungsanomalie, die eine sekundäre, post-variscische thermische Beeinflussung verhindert hat. Der während der Sedimentation andauernde marine Einfluß hat den Anteil an Kerogenen des Typs II erhöht. Im unteren Teil der Bohrung führen die Kohlen und einige Sandsteinbänke freies Methan. Der Fund von Erdöl in der benachbarten Bohrung Nr. 118 in Leopoldsburg, im Jahr 1950, ergänzt diese Tatsache.

Summary Coal exploration borehole Hechtel-Hoef (deep borehole KB174 of the Campine basin)

The Campine Basin exploration corehole KB174 was drilled in 1985 for the Belgian Geological Survey to assess the coal reserves in the Northfield of the former Beringen and Zolder collieries, and based on the seismic reconnaissance campaign Leopoldsburg 1984. The borehole is located in the richest part of the western coalfield, in between the Helchteren and Donderslag faults; the beds are regularly north-dipping below a subhorizontal Tertiary-Cretaceous sequence till 729 m and a Permo-Triassic wedge with thickness 120 m (top Carboniferous 847.50 m, final depth 1500.20 m). Westphalian A/B strata were encountered, consisting of the Eikenberg coal seam group till 995.76 m (Eisden Marine Horizon), the As coal seam group till 1293.59 m (Quaregnon Marine Horizon, also Westphalian A/B boundary) and the Genk coal seam group till final depth. The Tonstein horizons Zollverein 2, Zollverein 8 and Karl 2 occur in resp. coalseams KS45b, KS48b and KS70. The standard biozonation of the Belgian Westphalian could be recognised for megaflores, miospores, megaspores and non-marine molluscs. The relative sealevel curve based on third to fifth order cyclicity confirms an early variscan hinterland uplift during the Westphalian A/B transition. Coal content attains 5.5% of the total rock volume; technical coal resource to final depth 36.71 Mton/km²; potentially recoverable coal 22.23 Mton/km² to final depth or 18.10 Mton/km² to -1250 m, with average net coal thickness of 127 cm per seam (max. 170 cm). Recoverable coal reserves represent 45% of the total coal volume, exceeding the average reserves of the Beringen-Zolder Northfield by 30% whereby coal seam thicknesses remain fairly uniform over the whole area. Coal content shows nevertheless stratigraphical discrepancies, increasing from Westphalian B to A and concentrating in fewer but thicker seams (10 seams with average net coal seam thickness 117 cm in the Westphalian B vs. 3 seams with 158 cm coal in the Westphalian A). The High Volatile Bituminous A coal has a volatile matter content varying from 39 to 32% and an average vitrinite reflectance from 0.66 to 0.97% (oil window), with mean upper calorific value of 33845 kJ/kg, ash 8.9% and Sulphur 0.99%daf, making it not suited for metallurgical purposes. The borehole is located on the northflank of a coalification low, without post-variscan secondary coalification. A weak but persistent marine influence of the sedimentary environment negatively influences the coal properties but leads to a high proportion of type II kerogens. Free methane gas was encountered while traversing coal seams and occasional sandstone beds in the lower half of the borehole. The original description of an oilshow in the nearby borehole KB118 Leopoldsburg is added.

1. UITVOERING VAN DE BORING

1.1. LIGGING

De boring Hechtel-Hoef werd in 1985 uitgevoerd in de vroegere Kempense Staatsconcessie op het grondgebied van de gemeente Hechtel-Eksel, op 2.5 km pal ten zuiden van het centrum van Hechtel in het gehucht Hoef (Figs. 1-2). Zij werd ingepland op een weiland, tussen de seismische profiellijnen 8401 en 8404 van de campagne Leopoldsburg, 1984 ter verkenning van het noordveld van de steenkoolmijnen Beringen en Zolder.

KB174 was de eerste verkenningboring van de BGD ten noorden van de westelijke mijnstreek; een reeks KS-verkenningboringen werd verder naar het zuiden en het westen uitgevoerd. Schaarse vroegere informatie over dit gebied berustte vooral op de resultaten van de verkenningboring KB118 uitgevoerd in 1949 te Leopoldsburg voor rekening van de Kolenmijn van Beringen, aangevuld in 1957-58 met de boringen KB124-125, en enkele analoge seismische lijnen uit de BGD campagne van 1953-56.

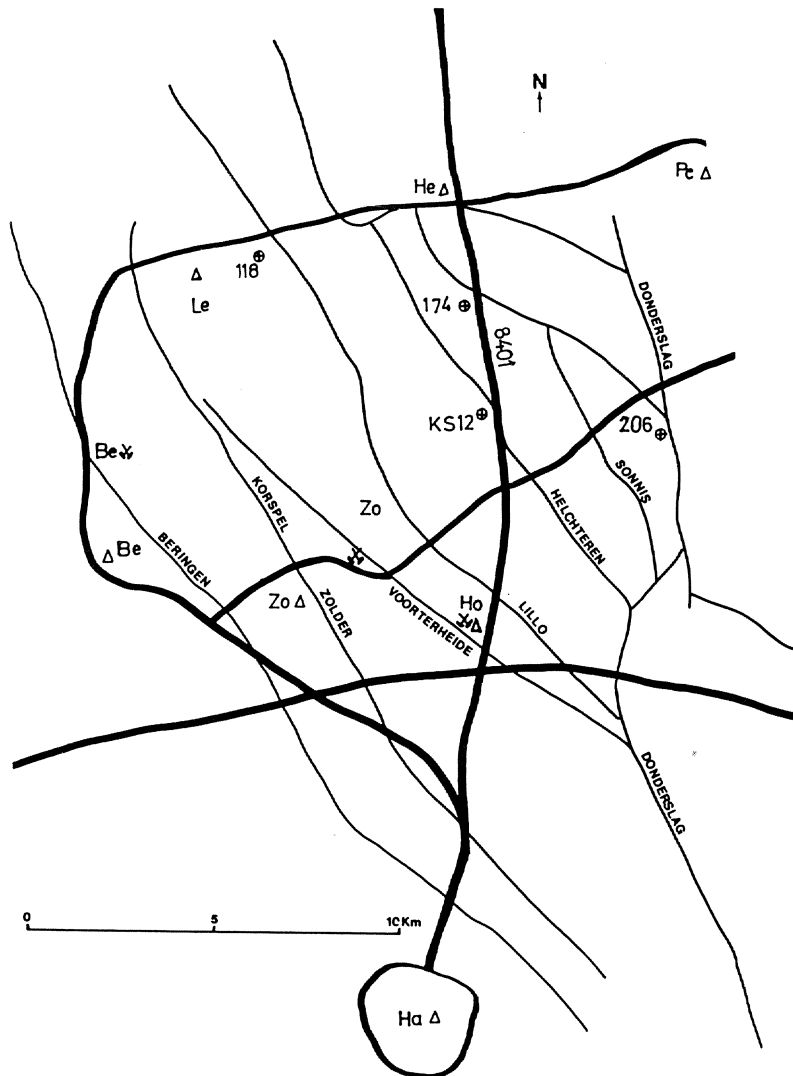


Fig. 1. Lokalisatiekaart voor boringen KB118, KB206, KB174 en KS12, met seismisch profiel 8401 en belangrijkste breuken. Aanduiding van gemeentecentra en gesloten steenkoolmijnen Hasselt, Hechtel, Peer, Houthalen, Zolder, Beringen, Leopoldsburg.

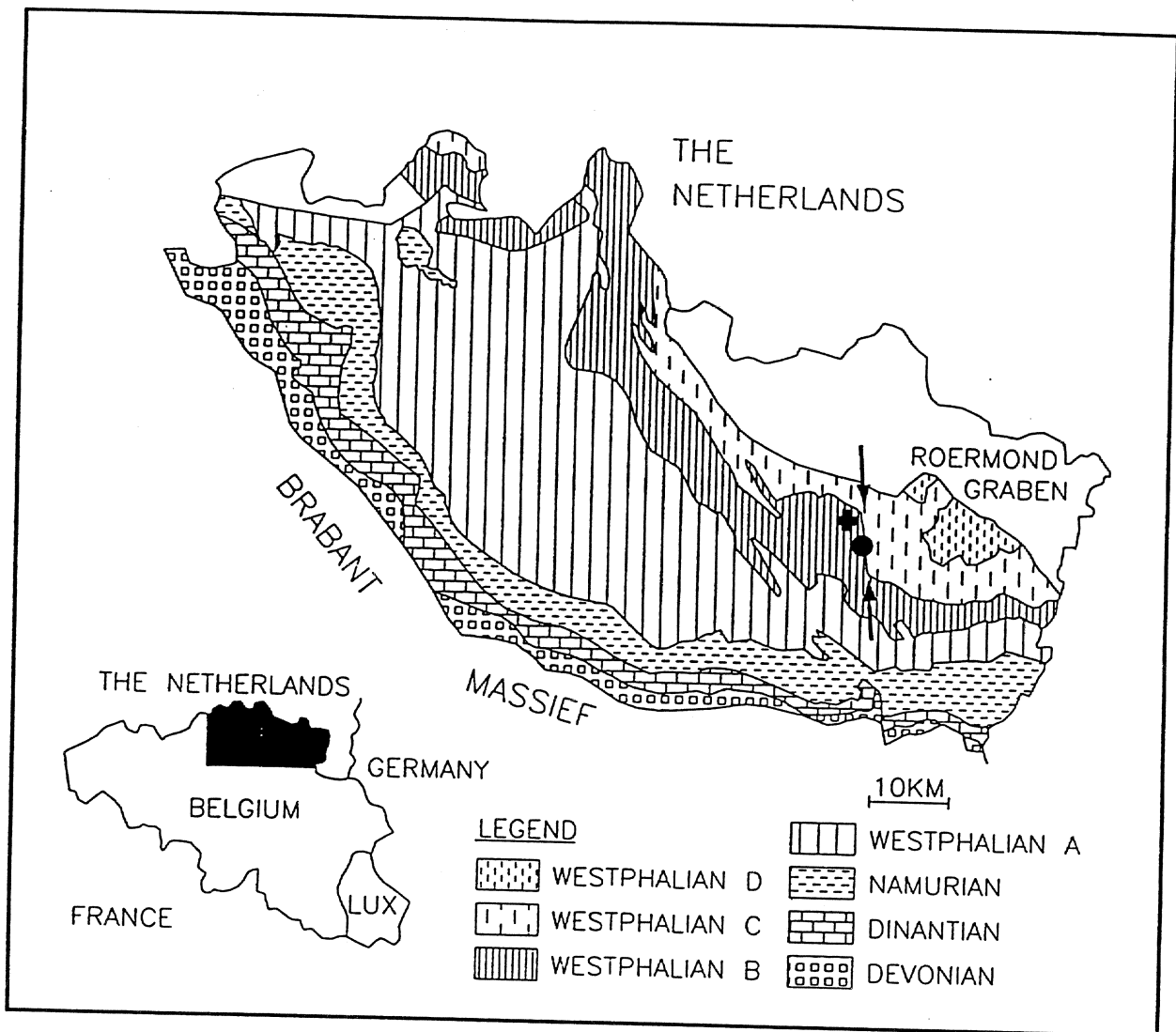


Fig. 2. Karboon subcropkaart met ligging van boringen KB174 Hechtel (kruis) en KB206 Peer (bol) en aanduiding van de Donderslag breuk (pijlen), uit Langenaeker & Duser, 1992.

De coördinaten van de boorput zijn:

Lambert 72 X 220.085
Y 199.406

Bonne X 70.055
Y 78.474

Maaienveld, gemeten aan de bovenkant van de betonplaat van het boorplatform, tevens nulpunt der boring: 69.15 m.
Einddiepte 1500.20 m.

De boring werd ingeschreven in de 'GEODOC' archieven van de Belgische Geologische Dienst onder nummer 47E (kaartblad Peer) - 196. Zij kreeg het volgnummer KB174 in de reeks diepe verkenningsboringen van het Kempisch Bekken.

LOGGING DIAGRAM

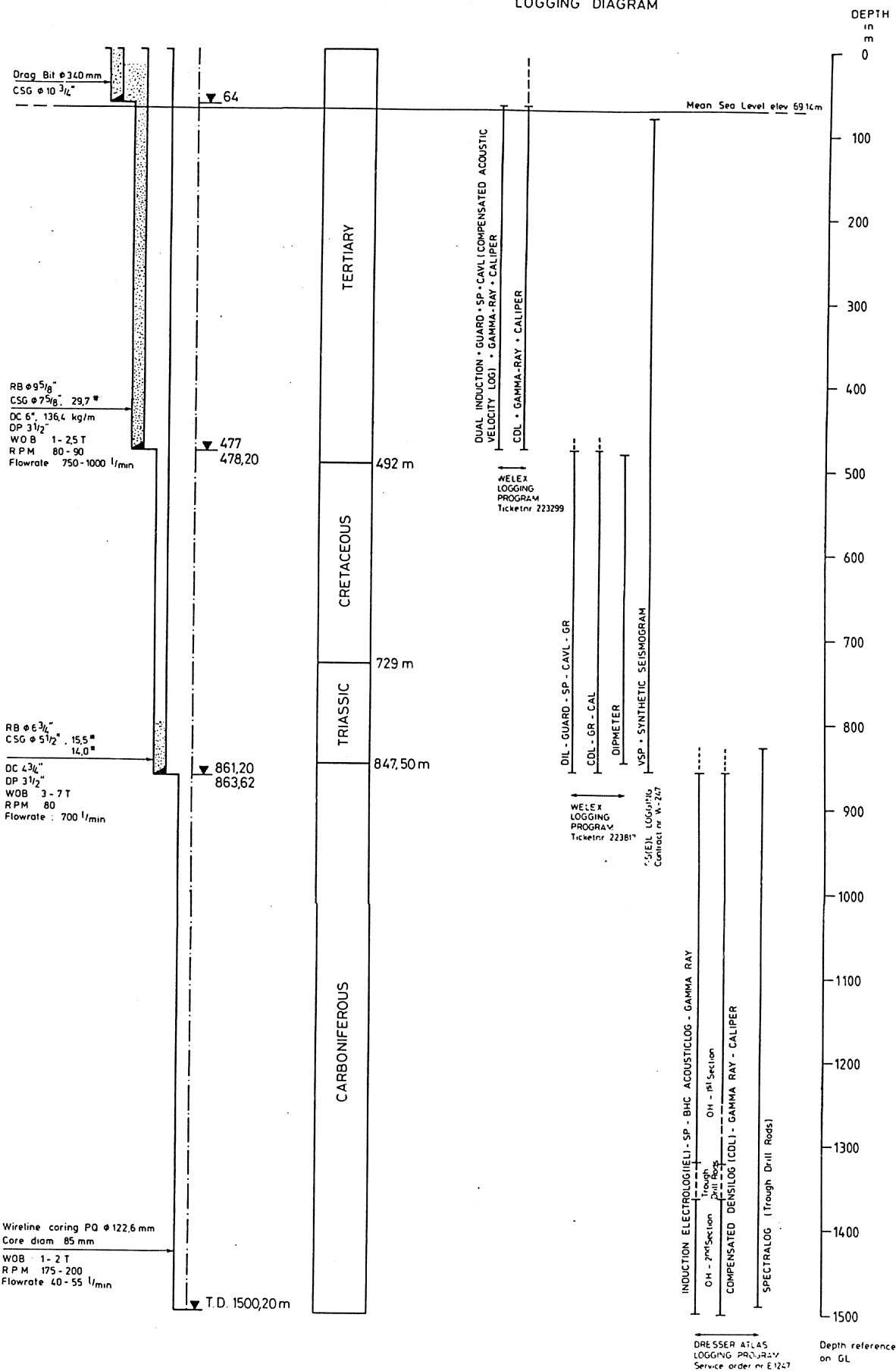


Fig. 3. Technisch boorschema met putarchitectuur en overzicht der boorgatmetingen (uit Lie S.F., 1985)

DEPTH in m	COMMERCIAL PROGRESSING	AVERAGE PROGRESSING		DAY OF ROTATION		BIT RECORD		TOTAL M/DAY
		CORING	DESTRUCTIVE	CORING	TOTAL			
0					1		DRAG BIT ø340mm	64
64			64		2		SMF E5 2 ø 9 5/8" 66891	64
126.19			126.19		3		414,20 m 34hr45'	188,38
154.83			154.83		4			252,38
155.55			115.55		5			212,12
52.53			111.04		6		a/ 7/ 56m 7hr b/ 2.43 m 1hr45'	464.50
58.44			102.57		7		VAREL LH 1G ø 6 3/4" a/ 40075 b/ 40072	478.20
76.10			108.71		8			13.70
76.91			106.13		9		REED 563-J ø 6 3/4" 146123	76.99
71.57		2.98	95.96		10		308.43 m	555.19
15.56				2	11			60.81
21.79				3	12			616
24.25				4	13			145
26.08				5	14			761
27.35				6	15			88
28.21				7	16			84.9
28.15		25.06		8	17			866.60
25.69				9	18		Cement	14.62
26.67				10	19		Diamond Boart PDB ø122.6mm Grain 20/25 Quality D/L Carats 47,12 Matrix M 8400293	28.135
26.87				11	20			894.735
27.41				12	21			929
27.63				13	22			960.60
27.90				14	23			994
28.30		26.66		15	24			1027.70
26.17				16	25			1061.10
25.86		24.87		17	26			1088.80
20.70				18	27			1089.40
21.18		20.37		19	28			1102.50
20.15		23.66		20	29			1157
20.50		24.03		21	30			1186
20.35		24.30		22	31			1220
21.22		24.48		23	32			1250.50
				24	33			1282.20
				25	34			1316.30
				26	35			1320.30
								1334.80
								1354.90
								1360.50
								1393.30
								1407.77
								1397.36
								1440.40
								1471.20
								1500.20

Fig. 4. Technisch boorschema met weergave van de boorsnelheden en gebruikte bits en kronen (commercial progressing = average drilling/coring progressing including other work activities such as setting and cementing casing, logging, fishing, etc.) - diepte t.o.v. maai veld (uit Lie S.F., 1985)

Fig. 5. Dagelijkse boorvoortgang met aanduiding booroperaties (uit Lie S.F., 1985)

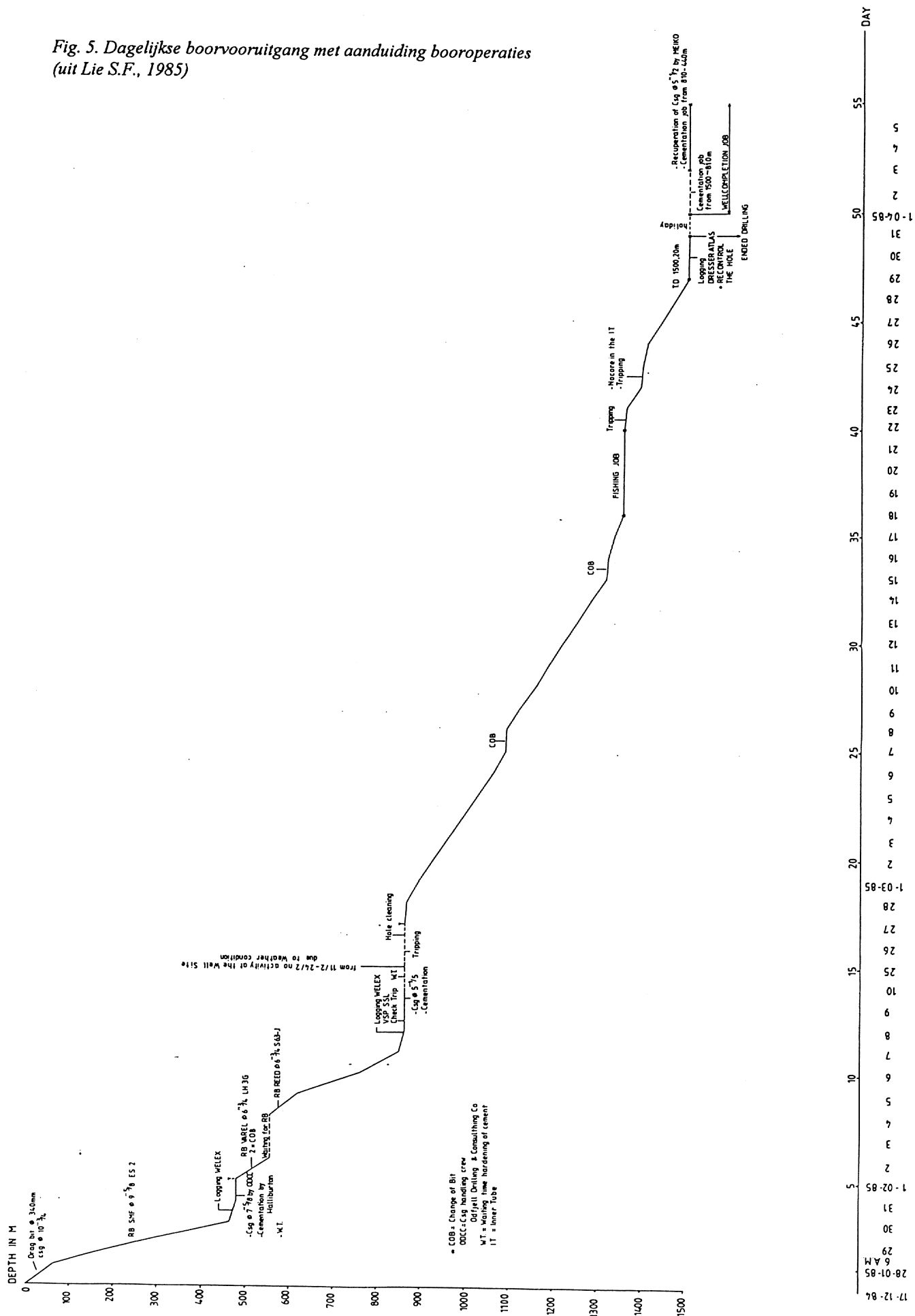
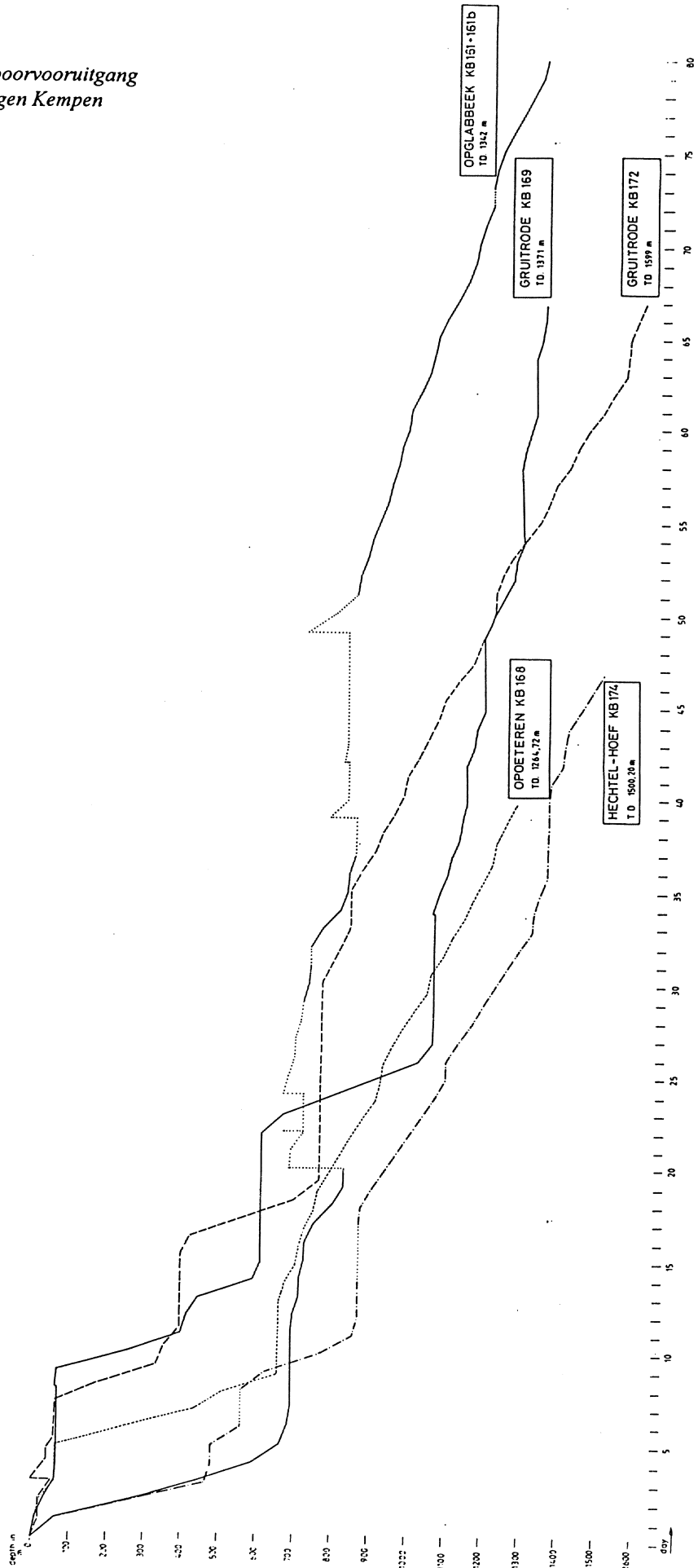


Fig. 6. *Vergelijking dagelijkse boorvoortgang in verschillende steenkoolboringen Kempen (uit Lie S.F., 1985)*



1.2. TECHNISCHE BESCHRIJVING

1.2.1. AANNEMING

De verkenningboring werd in opdracht van de Belgische Geologische Dienst uitgevoerd door de boorfirma Smet DB, in naam van de Tijdelijke Vereniging Smet-Foraky, tussen 17.12.1984 en 5.4.1985. De grondwerken werden uitgevoerd door de firma P.T.A. uit As. Het leegzuigen van de bezinkbakken en het verwijderen van de boormodder werd uitgevoerd door de firma D.S.S.V. uit Kermt. Boorgatmetingen werden uitgevoerd door de firma's Halliburton-Welex uit Emmen, Dresser-Atlas uit Bremen, SSL Seismograph Services uit Keston (Engeland) en Meiko uit Celle (Duitsland); continumetingen door Geodata uit Garbsen/Hannover. Plaatsing van de 7"5/8 verbuizing met behulp van ODCC Odfjell Drilling and Consulting Holland, en cementering door Halliburton uit Den Helder.

1.2.2. OPERATIESCHEMA (Lie S.F., 1985; Figs. 3-6)

De boring werd uitgevoerd met twee booreenheden:

- voorput, geboord, verbuisd en gecementeerd met Sprint toestel (Smet ontwerp) op 17-18.12.1984, waarna de boring werd stilgelegd wegens eindejaars collectief verlof en ongunstige weersomstandigheden
- boring met Woodfield hydraulische booreenheid (power swivel); spoelboring van 28.1.1985 tot 10.2.1985, voortgezet na onderbreking wegens weersomstandigheden (temperaturen beneden -10°C) als kernboring vanaf 25.2.1985. De werkzaamheden werden beëindigd op 5.4.1985, in 55 dagen, waarvan 49 dagen booroperaties, 5 dagen afwerking van het boorgat en 1 verlofdag.

De booroperaties waren samengesteld uit:

- 35 dagen boren (81.43%) waarvan:
 - 9 dagen destructiefboren, hetzij 95.96 m/dag en effectief daggemiddelde 109.89 m/dag
 - 26 dagen kernboren, hetzij 24.48 m/dag en effectief daggemiddelde 24.59 m/dag
- 2 dagen wachten op rockbit
- 2 dagen conditionering van boorgat na stilstand
- 5 dagen visoperaties
- 5 dagen werken door derden (boorgatmetingen, verbuizing, cementering).

Een bentoniet - polymeer (CMC LV) spoeling met densiteit 1.02 kg/l vormde de basisvloeistof tijdens de boring. Bijkomende additieven werden beperkt gebruikt voor controle van de pH en viscositeit.

1.2.3. PUTARCHITECTUUR

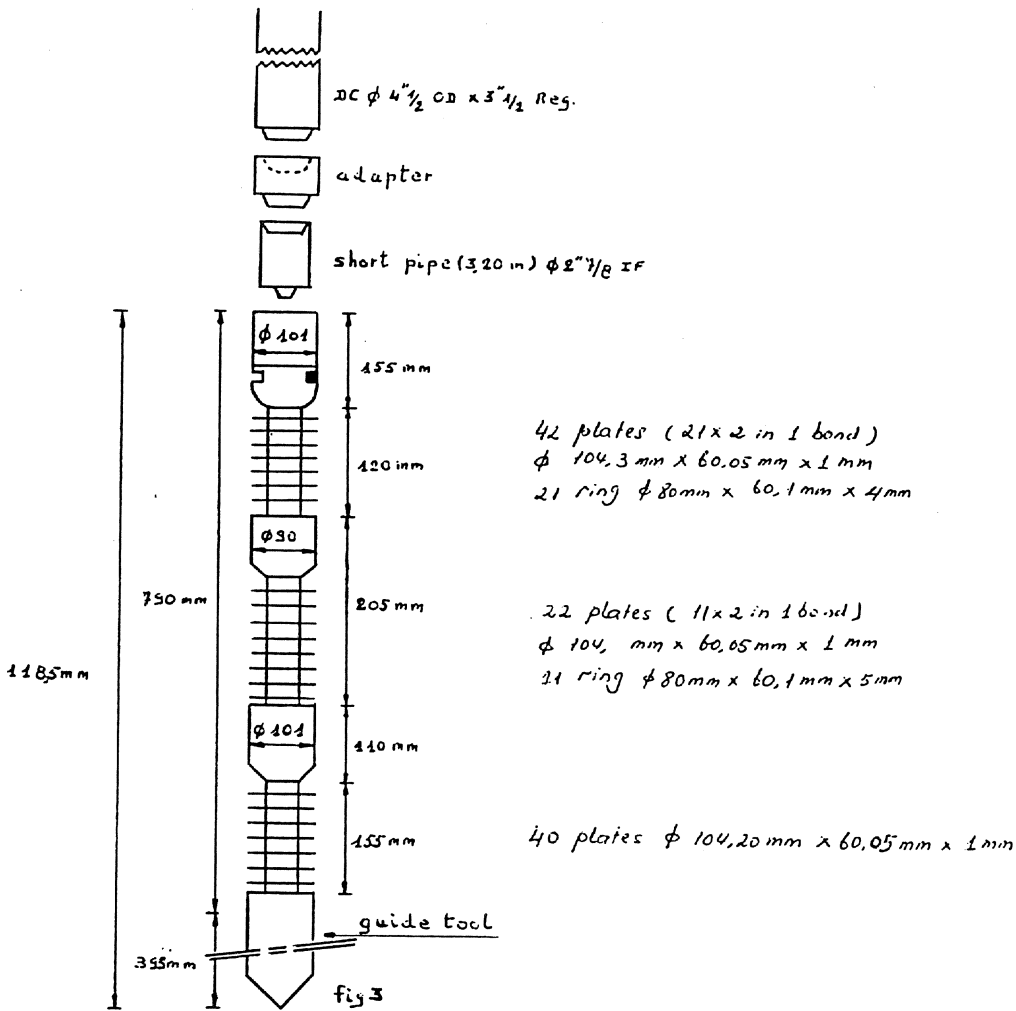
Technisch schema:

- dragbit 340 mm, buis 10"3/4 tot 64 m, volledig gecementeerd
 - rockbit 9"5/8, buis 7"5/8 tot 478.20 m, volledig gecementeerd, in Mergel van Gelinden
 - rockbit 6"3/4, buis 5"1/2 tot 861.20 m, cementvoet 50 m, in top Karboon
 - kabelkernboring in PQ (122.6 mm, kerndoormeter 85 mm) tot einddiepte 1500.20 m.
- Het boorgat is vrijwel vertikaal, met afwijking uitzwaaiend tot 2 à 3° in noordelijke richting in het Krijt en Trias (dieptebereik 500-800 m).

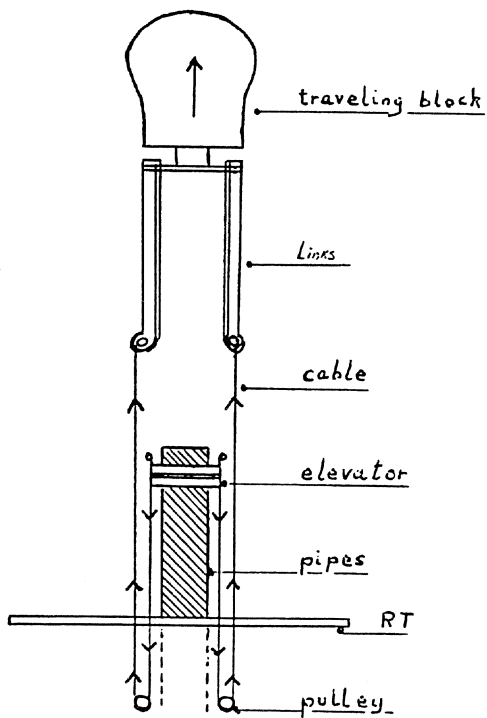
Het boorplatform werd aangelegd in beton, met een putkelder van 1 meter diepte en een beschermbuis van 16". De putkop moest niet voorzien worden van een blowout preventer. Op het werfterrein werd een waterput geboord. Waterpeil in rust was 4 m, zakkend naar 7 m bij pompdebiet van 12 m³/h. Een metalen kuip van 2x2x3m afmeting werd door Smet op het boorterrein ingegraven voor seismische VSP metingen.

Putafwerking:

- verwijdering van alle PQ kernbuizen
- opengatcementatie in stappen van 50 m tot 816 m (voet van 5"1/2 buis)
- recuperatie 5"1/2 buis na doorsnijding op 497 m door Meiko
- tweede cementatie tot 439 m in 7"5/8 buis en verwijdering cementeringsstangen
- afsnijden putkop 1 m beneden maaiveld
- opvulling 7"5/8 buis met grind 10-20 mm
- dichtlassen putkop



Technical scheme to push the tool



It was pulled up to 22T (= pushed downward) then the pulley which was attached at the well-head was broken down. 1,15 m of the fishing tool entering into the top fish was measured.

Fig. 7. Smet fishing tool en wijze van indrukken (stangenbreuk op 54 m; boordiepte 1355 m) (uit Lie S.F., 1985)

spoelingsgas

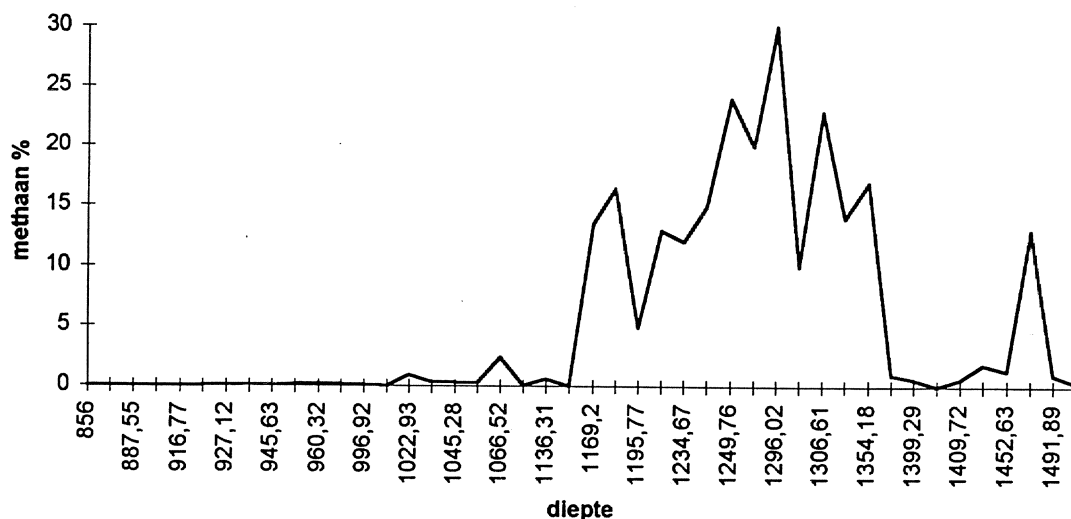


Fig. 8. Methaan % in terugkeerspoeling

- ontruiming boorterrein.

Na afloop der werken werd het boorterrein terug in zijn oorspronkelijke staat hersteld en opnieuw ingezaaid.

Technische problemen:

- kernverlies bij het einde van een kernhaal in een gebroken zone (brokstukken vallen uit kernbuis naar beneden) of in glatte massieve zandsteen (kern breekt niet onderaan af), met als gevolg dat de nieuwe kernbuis niet tot de bodem van het boorgat kan zakken

- stangenbreuken op 927.12 m, zonder ernstig gevolg, en op 1355 m boordiepte, het laatste door gebruik van een afgekeurde PQ stang (waardoor blokkering van kernbuis, poging tot ont koppeling van de afgekeurde stang, val en breuk op 54 m beneden draaitafel) met een visoperatie tot gevolg. Smet slaagde er uiteindelijk in met een zelfontworpen fishing tool en aangepaste werkwijze de afgebroken stangen uit het boorgat te verwijderen en dit voor verdere boring op te kuisen (Fig. 7).

1.2.4. METINGEN

Boorvoortgang en gasanalyse

Een boorvoortgang (ROP) meter, type B-08, en gaschromatograaf, type f-30, geleverd door Geodata werkten behoorlijk op voorwaarde dat de calibratie regelmatig herhaald werd. Tijdens het kernen werd de boorvoortgang eveneens in minuten per 10 cm afgelezen door de boormeester (Bijlage 1).

Het koolwaterstof-gasgehalte in de terugkerende boorvloeistof, afkomstig van vrij gas dat bij het vergruizen van een holle kerncilinder in de spoeling terecht komt, is vrij hoog. De hoogste waarde (enkel methaan, C1 gemeten) bedroeg 30% voor trip gas. Het vrij methaangas (CH_4) gedetecteerd in de terugkeerspoeling bij het doorboren van koollagen is opgesomd in Bijlage 2 (Fig. 8).

Het maximaal methaangehalte in de spoeling bij doorboren van zandsteen bedroeg 5.7%.

De terugkeerspoeling werd regelmatig door een oliefilm bedekt. De betekenis hiervan wordt verduidelijkt in de Annex, opgesteld door Legrand & Delmer.

Boorgatmetingen

* fase 1, tot boordiepte 478.20 m, top log 50 m

Welex DIL/GUARD/SP/CAVL/GAM/CAL (resistiviteit en sonic)
CDL/GAM/CALP (dichtheid, gammastraling en doormeter)

* fase 2, tot boordiepte 863.62 m, top log 460/480 m

Welex Compensated Density Log

Dual Induction Compensated Acoustic Log

Dip Log (4 arm DIPMETER)

verwerking tot Dip Log Calculations

Dip Cal

CAL = Computer Assisted Analysis (shale-porosity)

SSL VSP 30 level shots 30 m intervaldiepte + Synthetic Seismogram

* fase 3, tot einddiepte 1500.20 m, top log 830/860 m

Dresser-Atlas GRS+BHC Acoustic+IEL openhole logging tot 1322 m

GRS+CDL+CAL openhole logging tot 1322 m

Spectralog door boorstangen 1489-830 m

GRS+BHC Acoustic+IEL openhole 1496-1364 m

GRS+CDL+CAL openhole 1497-1365 m,
door boorstangen 1365-1323 m

De definitieve logs werden samengevoegd:

Induction Electrolog-BHC Acoustilog-Gamma Ray 1496-860 m

Compensated Densilog-Gamma Ray 1497-860 m

Spectralog 1489-830 m

2. DEKTERREINEN

2.1. ONDERVERDELING

Met het begrip "Dekterreinen" worden alle gesteenten bedoeld die het Steenkoolterrein afdekken. Deze vallen uiteen in twee hoofdgroepen: de subhorizontale zwak geconsolideerde Kwartair-Tertiair-Krijt sequentie tot een diepte van 729 m (dieptes vanaf maaiveld) en een scheefgestelde sequentie "Rode Gesteenten" van Trias en Perm ouderdom tot een diepte van 847.50 m. Alle Dekterreinen zijn met de boorbeitel doorboord; een beperkte collectie van spoelmonsters is in de lithotheek van de BGD bewaard onder nr. 47E196 (er zijn geen gegevens over de voorput tot 64 m). De beschrijving der spoelmonsters volgt in Bijlage 3.

Huidige stratigrafische onderverdeling op basis van spoelmonsters en boorgatmetingen:

Kwartair-Pliocene

0-64 m: Hoogterras, Zanden van Kasterlee en Diest

Mioceen, Formatie van Diest

64-83 m: Zand van Diest

Mioceen, Formatie van Bolderberg

83-141 m: Zand van Houthalen

Oligoceen, Formatie van Voort

141-146 m: Klei van Veldhoven

146-194 m: Zand van Voort

Oligoceen, Groep van de Rupel, Formatie van Eigenbilzen

194-282 m: Klei en silt van Eigenbilzen

Oligoceen, Groep van de Rupel, Formatie van Boom

282-292 m: Klei van Boom "geband"

292-306 m: Klei van Boom "compact"

Oligoceen, Formatie van Bilzen - Eoceen, Formatie van St Huibrechts Hern

306-334 m: Zanden van Berg (?), Neerrepn, Grimmertingen

Eoceen, Groep van Ieper, Formatie van Kortrijk

334-347 m: Klei van Ieper

Paleoceen, Groep van Landen, Formatie van Tienen

347-379 m: Continentaal Landen

Paleoceen, Groep van Landen, Formatie van Hannut

- 379-442 m: Siltsteen van Halen
- 442-470 m: Klei van Waterschei
- Paleoceen, Formatie van Heers
 - 470-484 m: Mergel van Gelinden
 - 484-492 m: Zand van Orp
- Paleoceen, Formatie van Houthem
 - 492-522 m: Tufkrijt (kalkareniet) van Houthem
- Krijt, Formatie van Maastricht
 - 522-552 m: Tufkrijt (kalkareniet) van Maastricht (zonder silex)
 - 552-569 m: Tufkrijt (kalkareniet) van Maastricht (met silex)
- Krijt, Formatie van Gulpen
 - 569-604 m: Krijt van Vijlen-Lanaye
 - 604-623 m: Beutenaken Kalk
 - 623-644 m: Beutenaken Mergel
 - 644-658 m: Zeven Wegen Krijt
- Krijt, Formatie van Vaals
 - 658-699 m: Boven Vaalser Groenzand
 - 699-710 m: Onder Vaalser Groenzand
- Krijt, Formatie van Aachen
 - 710-729 m: Zand van Aken
- Permo-Trias, Buntsandstein
 - 729-752 m: Midden Buntsandstein, Formatie van Bullen
 - 752-820 m: Onder Buntsandstein, Formatie van Gruitrode
- Permo-Trias, Zechstein
 - 820-847.50 m: Formatie van Helchteren

2.2. TERTIAIR - KRIJT

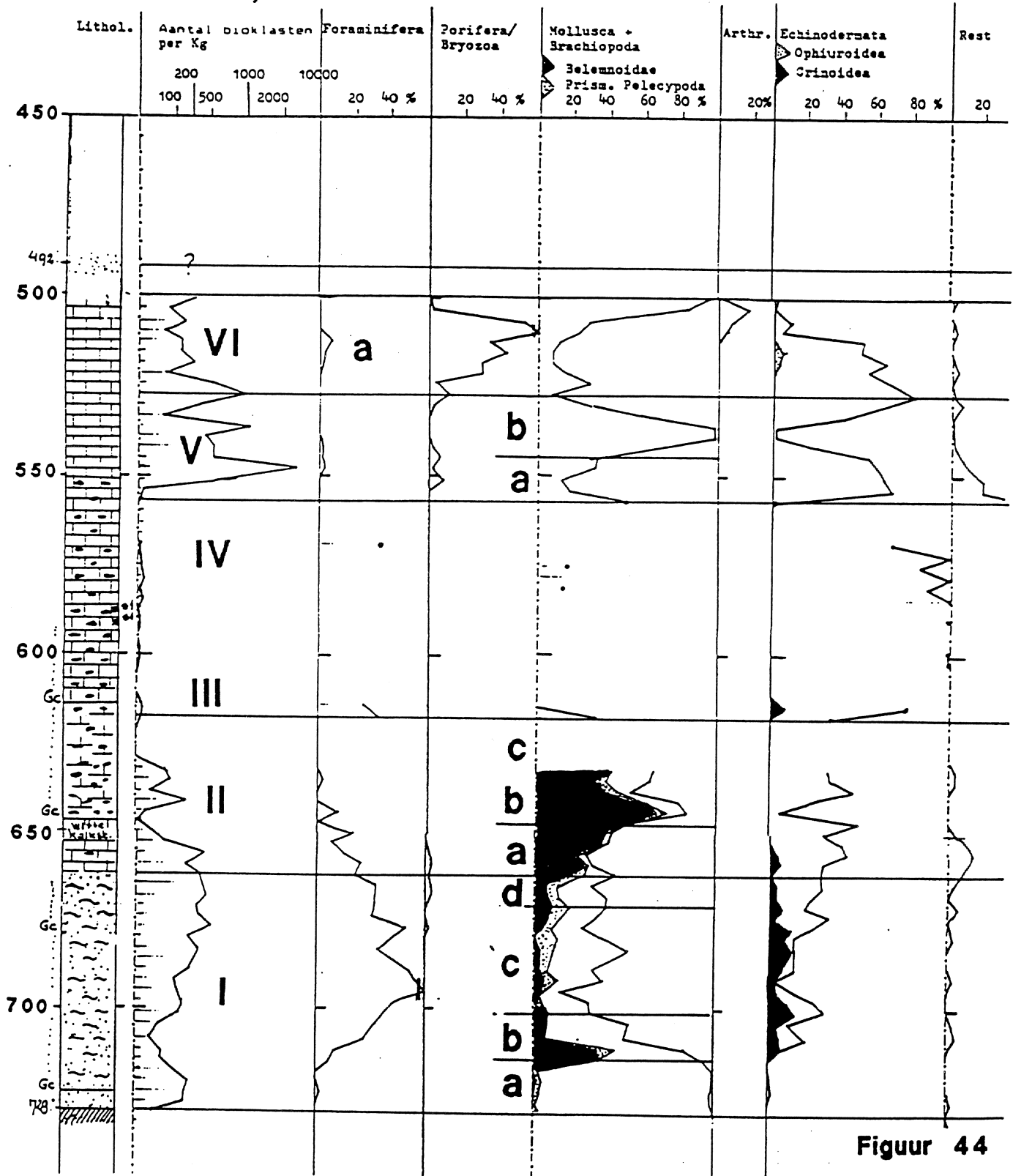
Voor de ruimtelijke verbreiding van de Tertiaire formaties wordt verwezen naar Demyttenaere (1989). De indeling van het Tertair wijkt licht af van die van Demyttenaere (1988) voor de overgangen Mioceen/Oligoceen (dank zij herkenning Klei van Veldhoven) en Oligoceen/Eoceen (Zand van Berg of Ruisbroek/ Zanden van Neerrepn/Grimmerten ongedifferentieerd) terwijl tevens de naamgeving werd aangepast aan de nieuwe stratigrafische nomenclatuur. Een driedeling van het zandpakket onder de Boomse Klei is mogelijk. De typische log-signatuur van de traditioneel bovenste eenheid, het Zand van Berg of Ruisbroek, met de symmetrische resistiviteitstoename, ontbreekt echter volkomen. Integendeel vertoont dit bovenste pakket een vergelijkbaar, zij het minder klei- of glauconiethoudend en meer doorlatend facies als de onderliggende pakketten, die met iets meer vertrouwen met de Zanden van Neerrepn-Grimmerten gecorreleerd kunnen worden.

De indeling van het Krijt en de kalkige basis van het Tertiair (= Dano-Montiaan) zijn gebaseerd op onderzoek van bioklasten door Sj. Felder en log correlaties tussen de boringen van het Kempisch bekken (1985, 1994). Deze verschaffen vooral informatie over lithologie en biofacies ('ecostratigrafie'). De chronostratigrafische interpretatie is gebaseerd op correlaties met de typelocaliteiten in het Maasdal en Zuid Limburg zodat deze niet als vaststaand beschouwd moet worden: bijkomend biostratigrafisch onderzoek zou hierover uitsluitel kunnen leveren. Met name de Krijt - Tertiair grens is arbitrair vastgesteld op een verkarst hardground niveau. De lithostratigrafische onderverdeling van de Formatie van Gulpen is functioneel; de nomenclatuur voldoet echter minder.

De ecostratigrafische onderverdeling van Krijt en kalkig Tertiair uit boring KB174 is samengevat op Fig. 9 (Felder, 1994, p. 236); overgangen tussen ecozones komen veelal overeen met condensatiehorizonten.

- * Ecozone I omvat de Formaties van Aken en Vaals (Santoon tot vroeg Campaan).
- * Ecozone II komt overeen met het onderste gedeelte van de Formatie van Gulpen, Zeven Wegen - Beutenaken Leden (Laat Campaan). Alle onderverdelingen van ecozones I-II werden in boring KB174 teruggevonden.
- * Ecozones III-IV komen grosso-modo overeen met het bovenste gedeelte van de Formatie van Gulpen, Krijt van Vijlen-Lanaye (vroeg Maastrichtiaan) maar bevatten weinig karakteristieke elementen die een verdere onderverdeling toelaten (mogelijk te wijten aan sterke vergruizing van de spoelmonsters onder invloed van het hoge silexgehalte).

BGD 174, HECHTELHOEF



Figuur 44

Fig. 9. Dano-Montiaan en Krijt: grafische weergave van het aantal bioklasten per kilogram monstermateriaal, het percentage aan Foraminifera, Bryozoa/Porifera, Mollusca/Brachiopoda, Arthropoda, Echinodermata en Rest. In de grafiek zijn de onderscheiden ecozones en deel-ecozones aangegeven (uit Felder, 1994, p. 236).

* Ecozone V komt grotendeels overeen met de Formatie van Maastricht (laat Maastrichtiaan). Enkel de onderste delen Va en Vb (Kunrader facies) worden aangetroffen in het Kempisch bekken, zodat de grens met de bovenliggende eenheid verscherpt.

* Van ecozone VI, overeenkomend met de Formatie van Houthem (Dano-Montiaan) is enkel het facies van de onderste eenheid teruggevonden. De basis van het klastisch Tertiair rust aldus op een groter hiaat dan in de Maasvallei met de typelokaliteiten.

2.3. PERMO-TRIAS

2.3.1. ONDERVERDELING

De voorlopig informele stratigrafische indeling van het Permo-Trias ("Rode Gesteenten") uitgewerkt i.s.m. L. Wouters en V. Langenaeker, steunt voornamelijk op de natuurlijke gammastraling, met als voornaamste karakteristieken de lage bodemwaarde van 20 API over poreuze deels uitgeloopte en gebleekte rode zandsteen tot conglomeraat, en pieken tot 120 API die breed of smal kunnen zijn over helrode kleisteen, siltsteen of fijne kwartsietische zandsteen (Fig. 10).

* De bovenste zone, van 729 tot 752 m, wordt gekenmerkt door doorlopende lage gammastraling met een enkele zwakke piek. Deze zone wordt gecorreleerd met de **Formatie van Bullen** (Midden Buntsandstein).

* De middelste zone, van 752 tot 820 m, wordt gekenmerkt door een overwicht van gammastraling bodemwaarden met pieken die vanaf 788 m in dikte toenemen tot een evenwicht zand - klei/silt. Deze zone wordt gecorreleerd met de **Formatie van Gruitrode** (Onder Buntsandstein), waarvan de tweedeling ook regionaal vastgesteld werd.

* De onderste zone, van 820 tot 847.50 m, bestaat uit drie duidelijk onderscheiden eenheden, een bovenste kleisteen-eenheid tot 833 m met doorlopende hoge gammastraling met de hoogste intensiteiten voor het Permo-Trias, een middenbank tot 837 m met lage gammastraling, en een onderliggend pakket met variabele gammastraling. De basis van het Permo-Trias wordt gekenmerkt door een negatieve piek in de gammastraling, wat zou kunnen wijzen op de aanwezigheid van een basisconglomeraat (dikte beperkt tot 10 à 30 cm, trouwens niet gedetecteerd in de spoelmonsters). Deze zone wordt gecorreleerd met de **Formatie van Helchteren** (Zechstein).

De grens tussen Perm (Zechstein) en Trias (Buntsandstein) werd arbitrair vastgelegd in het roodgekleurd pakket, boven de meer typische grijze kalkhoudende siltstenen. De rode kleisteen en zandsteenbank tussen 820 en 837 m worden nog tot het Zechstein gerekend naar analogie met boring KB169 Gruitrode-Muisven waarmee voor dit interval de beste correlatie mogelijk is (Dusar et al., 1987a), in overeenstemming met de herziening van de Nederlandse stratigrafische schaal.

De top van het Permo-Trias (interval 729-736 m) is onder invloed van de pre-Krijt verwerking verpulverd tot los zand. Deze vaststelling, algemeen in het Kempisch steenkoolbekken, toont aan dat de Boven Krijt transgressie zachtjes verliep over een afgevlakt landschap, en dat de erosiefase, geassocieerd met de Kimmerische opheffing, waarschijnlijk beperkt bleef tot het Jura-Onder Krijt. Dit staat in schril contrast met het contact tussen Karboon en Perm. De toplagen van het Karboon onder het discordantievlak zijn steeds fris en onverweerd. Hooguit kan een hellende zandsteenbank boven het abrasievlak uitsteken en licht verweerd zijn. Waarschijnlijk heeft de erosie van de Karboonlagen doorgelopen tot aan de afzetting van het Zechstein (einde Perm). De basislagen van het Perm zijn trouwens steeds conglomeraat, hetgeen aan de basis van het Krijt slechts zelden voorkomt.

2.3.2. SEDIMENTAIRE OPEENVOLGING

De sedimentologische interpretatie van het Permo-Trias steunt voornamelijk op de dipmeter analyse (Welex, 1985). Hierbij wordt vooral gebruik gemaakt van het onderscheid tussen naar boven toe afnemende hellingspatronen ('red features' - Schlumberger, 1970), in dit afzettingsmilieu kenmerkend voor fining upward geulstructuren, en naar boven toe toenemende hellingspatronen ('blue features') kenmerkend voor (soms coarsening upward) stroomribbel-sets.

Correlatie tussen dipmeter, natuurlijke en spectrale gammastraling, en 'Computer assisted analysis' of shale log (Welex) laat toe voor boring KB174 opeenvolgende sedimentaire sequenties te herkennen, van onder naar boven:

* 847.50-837 m: boven het basale transgressieve conglomeraat, een 10 m dikke sequentie globaal fining upward in kalkige siltsteen (bovenste roodgekleurd nodulair pakket van boring KB172 ontbreekt hier). Ondiep marien randbekken, overeenkomstig de paleogeografische positie van het Zechstein.

* 837-833 m: 4 m dikke fijne zandsteenbank, horizontaal afgezet met intern steile hellingen (30°SE) en grofkorrelige top (cf. zandsteenpakket op 1060 m in boring KB169; Dusar et al, 1987a, p. 45). Dit strandzand vertoont een erg

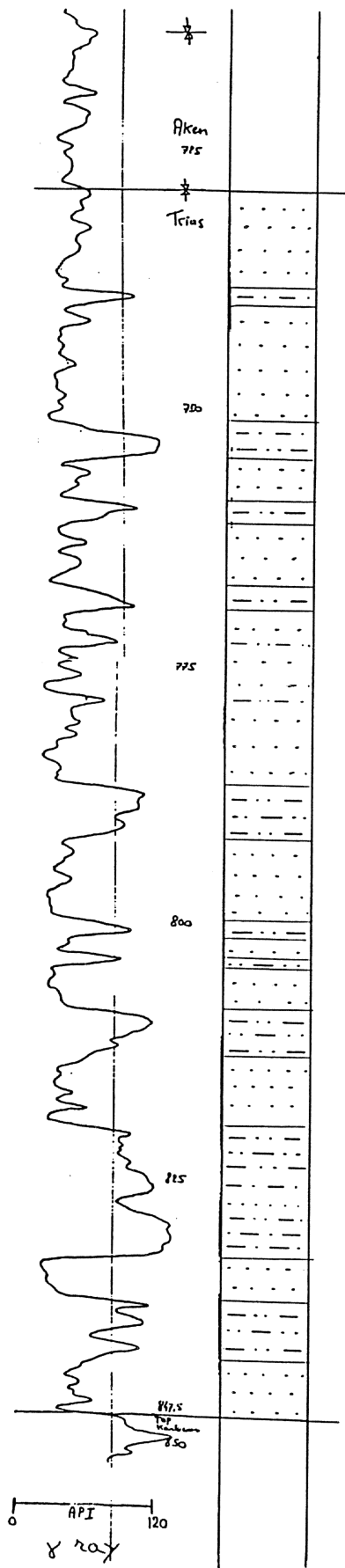


Fig. 10. Permo-Trias: natuurlijke gammastraling naast vereenvoudigd litholog.

karakteristiek patroon op de diplog en kenmerkt de overgang tussen de verschillende afzettingssomstandigheden van Perm en Trias.

* 833-820 m: sequentie van 13 m gedomineerd door rode kleisteen (met de hoogste gammastralingswaarden) en siltsteen, globaal coarsening upward met kleine geulopvulling in het midden. Sedimentaire hellingen ESE.

* 820-788 m: 3 opeenvolgende fining upward sequenties, resp. 11 - 8 - 13 m dik (toppen 809 - 801 - 788 m) met typische opeenvolging tussen 'red-blue-red-blue' dipmeter-patronen van afnemende lengte. Sedimentaire hellingen max. 22°NE (blijft zo voor geheel Onder Buntsandstein pakket).

* 788-752 m: globale fining upward sequentie, op te splitsen in 4 kleinere sequenties van resp. 9 - 10 - 9 - 8 m dik (toppen 779 - 769 - 760 - 752 m). Dipmeter-patronen zijn minder typisch maar volgen dezelfde trend als in het onderliggend pakket.

* 752-729 m: 2 fining upward sequenties; onderste 13 m dik (top 739 m), bovenste afgesneden door discordantievlaak met herkenbaar gammastralingspatroon maar sedimentaire hellingen uitgewist door pre-Krijt verwerking. Klei/silt aandeel vermoedelijk herleid tot 15%. Maximale sedimentaire hellingen tot 25°NNW (na aftrek van structurele helling).

Een meer gedetailleerde sedimentologische beschrijving op basis van boorkernen werd opgemaakt voor boring KB172 te Gruitrode-Ophoven (Dusar et al., 1987b). De Permo-Trias sequentie in boring KB174 start eveneens met een transgressief conglomeraat, gevolgd door een lange regressieve fase, met globale coarsening upward trend waarbij opeenvolgende faciestypes worden aangetroffen: marien (847-837 m) - littoraal (837-820 m) - floodplain (820-729 m; top geërodeerd). In de floodplain wordt een geleidelijke vervanging waargenomen van geulen, met duidelijke fining upward vulling, naar grofkorrelige floodsheets met sporadisch klei-playas.

Opvallend is de systematische opeenvolging van 9 fining upward cycli in de Buntsandstein (vanaf basis tot aan erosieve top), met vrijwel constante diktes die variëren tussen 8 en 13 m, ondanks verschillen in de zand-klei verhouding. Hooguit is er een lichte dikte-afname merkbaar in de Onder Buntsandstein sequentie (Formatie van Gruitrode), hetgeen lijkt te wijzen op een interactie tussen een constant subsidentieregime en allocyclische sedimentatie.

Berekende porositeiten in de zandsteen intervals bereiken doorlopend 20% tot een diepte van 820 m, waaronder de porositeit abrupt verdwijnt, met maxima van 30% in de top verpulverde zone en 25% voor de onderste zandsteenbank (op boorkernen gemeten porositeiten liggen gewoonlijk enkele % lager). Effectieve porositeit, hoger dan het watervolume (indicatief voor gasverzadiging) werd berekend op enkele % voor de bovenste zandige sequentie tot 752 m en voor geïsoleerde zandsteenbanken op 759 en 819 m (Welex Computer Assisted Analysis).

Formatie	Diepte basis m vanaf maaiveld	Tijd basis ms TWT vanaf maaiveld	Snelheid m/s	Dikte m
Kwartair - Voort	193	239	1629	193
	239	284	1878	46
Eigenbilzen	282	328	1954	43
Boom	307	356	1786	25
Bilzen - Ieper	347	398	1905	40
Tienen	379	431	1939	32
Hannut	470	524	1957	91
Heers	492	543	2316	22
Houthem	522	567	2500	30
Maastricht	569	598	3022	47
Gulpen	658	657	2967	89
Aachen/Vaals	729	712	2630	71
Permo-Trias	847	782	3371	118

Tabel 1. Tijd-diepte omzetting boring KB174 (maaiveld +69 m) volgens Demyttenaere, 1988.

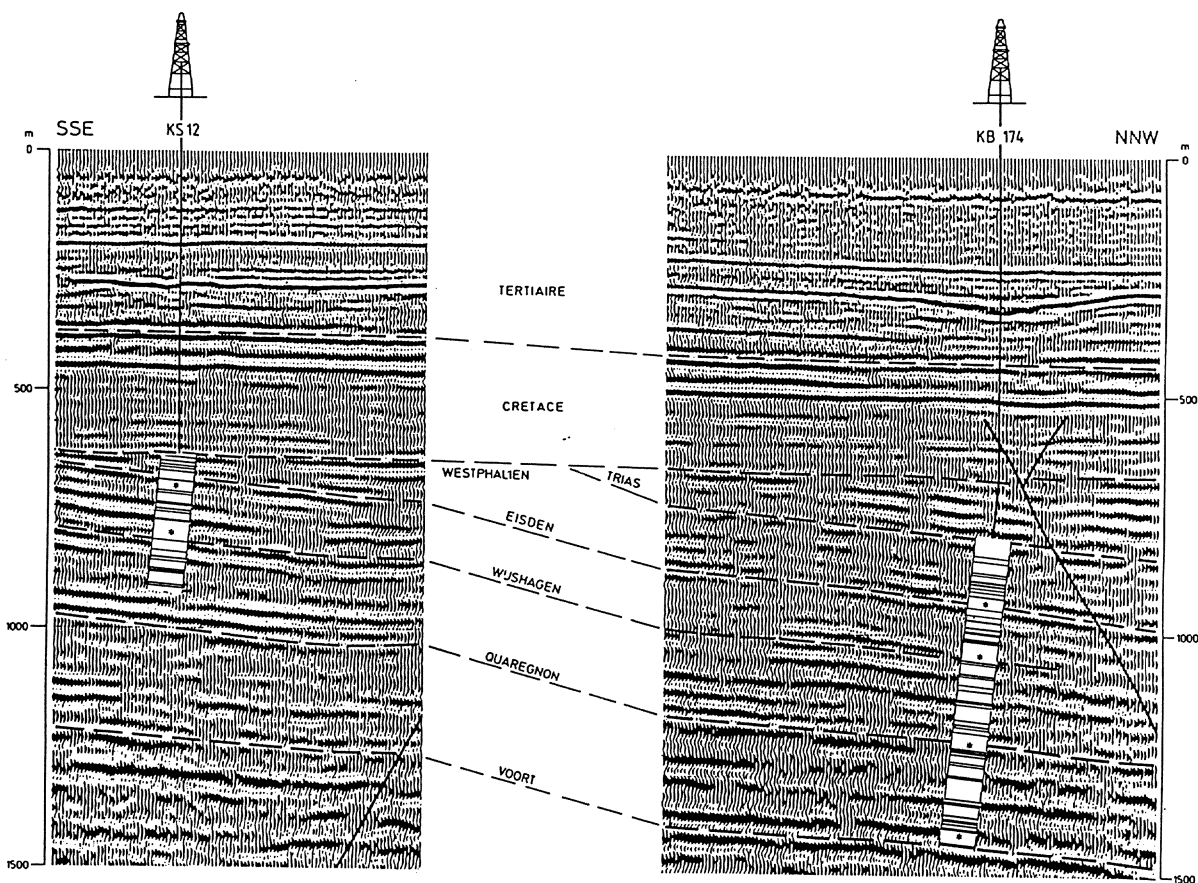


Fig. 12. De onderverdeling van stratigrafische sequenties op seismische profielen wordt ondersteund door correlatie tussen goed gekende boringen, ingeplant op of nabij de seismische lijnen. Delen van seismisch profiel 8401 rondom boringen KS12 en KB174 tonen de correlatie tussen reflectoren en gidshorizonten (Quaregnon = grens Westphaliaan A/B). Twee discordanties kunnen waargenomen worden: een lokaal zwakke asturische discordantie tussen Westphaliaan en Permo-Trias, en een sterkere Kimmerische discordantie tussen het Trias en de subhorizontale deklagen vanaf het Krijt (uit Bouckaert & Dusat, 1987).

2.4. SEISMISCHE STRATIGRAFIE

In boring KB174 is een VSP (vertical seismic profile) en synthetisch seismogram beschikbaar voor de post-paleozoische gesteenten (SSL, 1985). Demyttenaere (1988) berekende snelheden en tijden voor de verschillende formaties (Tabel 1). Het synthetisch seismogram en de VSP met stratigrafische interpretatie van seismische lijn 8401 staan weergegeven op Fig. 11.

Vanaf de basis Landen tot de basis Permo-Trias is er een zeer goede correlatie tussen seismogram en seismisch profiel; alle tussenliggende reflectoren konden betrouwbaar geïnterpreteerd worden. Op de VSP zijn de overeenkomstige reflectoren wel minder duidelijk.

De scherpe seismische reflectoren (Fig. 12) van de basis Boven Landen en de basis Ieper, de continentale afzettingen en lignieten van de licht discordante (geulvormige) Formatie van Tienen omgevend, zijn veel zwakker op het synthetische seismogram. Op de VSP zijn echter wel twee duidelijke reflectoren te herkennen, ten minste op de inverse voorstelling (black peak). De hoger gelegen reflectoren zijn niet meer te herkennen. Bij opname van de VSP was dit deel van het boorgat immers verbuisd zodat de meting beperkt bleef. Op het synthetische seismogram zijn de reflectoren in dit deel niet bijzonder uitgesproken, maar ze lieten toch een interpretatie toe (Demyttenaere, 1988).

3. STEENKOOLTERREIN

3.1. ONDERVERDELING

Het "Steenkoolterrein" (mijnbouwterm voor de kolenvoerende gesteenteformaties, in dit geval het Westphaliaan) werd destructief aangeboord op 847.50 m en doorlopend gekernd vanaf 863.29 m tot einddiepte 1500.20 m.

Het aangeboorde Steenkoolterrein behoort tot de Westphaliaan A/B sequentie, gekenmerkt door een cyclische opeenvolging van steenkool, zandsteen en schalie. Cycliciteit wordt kleinschalig gestuurd door de dynamiek van het sedimentatiebekken (fluviatele aanvoer van zand en slib vs. in-situ accumulatie van plantaardig materiaal, voortdurende meandering en stroomverlegging van de laaglandrivieren), en grootschalig door schommelingen in de zeestand en de geleidelijke opheffing van het hinterland (cf. §3.5; Paproth et al., 1996). De stratigrafische onderverdeling is nauwkeurig gekend dank zij een laag per laag correlatie der koollagen met identificatie volgens de KS ('Kempense Steenkolenmijnen') laagnummering (Tabel 2) en de herkenning van enkele gidshorizonten (mariene of zwak mariene niveaus en vulkanische asregens of 'tonsteins'):

Boven Westphaliaan B

Eisden Lid (Bundel van Eikenberg) (847.50) - 995.76 m
Mariene Horizon van Eisden, 995.76 m

Onder Westphaliaan B

Quaregnon Lid (Bundel van As) 995.76 - 1282.56 m
Horizon van Wijshagen (slecht ontwikkeld dak KS45), 1119.18 m
Tonstein Zollverein-2 (KS45b), 1135.16 m
Tonstein Zollverein-8 (KS48b), 1195.30 m
Mariene Horizon van Quaregnon, 1293.59 m

Boven Westphaliaan A

Mons Lid (Bundel van Genk) 1293.59 - (1500.20) m
Horizon van Schelpenbed (dak KS57/2), 1336.17 m
Tonstein Karl (KS70), 1452.30 m
Horizon van Voort (dak KS70/3), 1471.61 m

De Mariene Horizon van Quaregnon (= Katharina) die de grens uitmaakt tussen Westphaliaan A/B wordt herkend dank zij de 35 m lange sequentie zonder koollagen en de typische log respons die zelfs vergelijking met het Noordduitse bekken toelaat (Schuster & Schmitz, 1989). De fauna bestaat enkel uit niet-mariene schelpen en het euryhaliene ichnofossiel *Planolites ophthalmoides*. Geofysische correlaties wijzen uit dat de wortelbodemp op 1282.56 m niet overeenkomt met de koollagen die elders direct onder de Horizon van Quaregnon liggen, maar eerder moet (verder p. 37)

KS	KB174	KB206	IDENTIFICATIE
37	14 (995.76)	- (800)	Eisden = Domina
39	16 (1021.44)	- (825)	
40	17 (1035.91)	- (833)	
41	18 (1044.86)	- (849)	
43	19 (1061.58)	1 (864.95)	
43/4	21-23(1090.64)	- (895.35)	
44	25 (1106.47)	3 (906.11)	
45+2	26 (1119.18)	- (921.50)	Wijshagen
45b	27 (1134.86)	5ab (934.38)	T. Zollverein 2(o)
47	28 (1158.20)	7 (954.46)	
47/3-4	29 (1168.38)	8 (962.13)	
48a/1-2	30 (1190.15)	10 (988.08)	
48b	31 (1195.23)	11 (992.19)	T. Zollverein 8
49	32 (1201.63)	12 (1000.92)	
50+1	- (1233.90)	<i>13 (1029.62)</i>	Laura 1?
50b	33 (1233.90)	14 (1041.60)	Laura
50c	34 (1241.90)	id (idem)	Laura 2/3
50/3	35 (1249.46)	15 (1051.78)	
50/5	36 (1258.14)	16 (1063.06)	Viktoria 3
51-52	38 (1293.59)	17+18(1089.76)	Quaregnon = Catharina
53	39 (1299.39)	19 (1100.76)	Hermann
54	40 (13050.72)	20 (1108.54)	
55	- (1317)	<i>21 (1121.23)</i>	
56	41 (1321.56)	22 (1125.19)	
56/1	41b (1326.20)	23 (1129.15)	
57	- (1329)	<i>24 (1132.21)</i>	
57/2	42a (1336.17)	25 (1140.29)	Schelpenbed
58	43 (1350.44)	26 (1154.89)	
59-60	w.o. (1367)	27 (1166.14)	
60bis	w.o. (1379)	<i>28 (1173.93)</i>	
61-62	45 (1397.58)	29 (1184.63)	
64	46+47(1405.10)	30 (1195.26)	Albert 3
65	- (1416.20)	- (1202.20)	
66-68	48 (1433.69)	31 (1217.07)	Albert 4
69	49 (1441.53)	32 (1225.78)	
id.	50 (1444.10)	w.o.	Wellington
70	51 (1451.80)	33 (1237.90)	T. Karl 2
-	<i>52a (1458.28)</i>	- (1246.20)	
70/0	52b (1462.03)	34 (1250.90)	
70/1	-	35 (1258.60)	
70/3	53 (1471.61)	37 (1268.18)	Voort = Blücher2
71	w.o.	38 (1278.22)	
71/2	54a (1490.86)	39 (1286.66)	Ida

Tabel 2. Correlatieschema voor koollagen tussen boringen KB174 Hechtel en KB206 Peer, met KS koollaagnummering en Duitse benamingen (w.o. = wash-out; cursiefgedrukt = onzekere correlatie; in vet = potentieel ontginbare lagen)

Fig. 13. Steenkoolverkenningboring KB174 Hechtel-Hoef

Archiefnummer 47 E 196

Lambert X 220.085,05

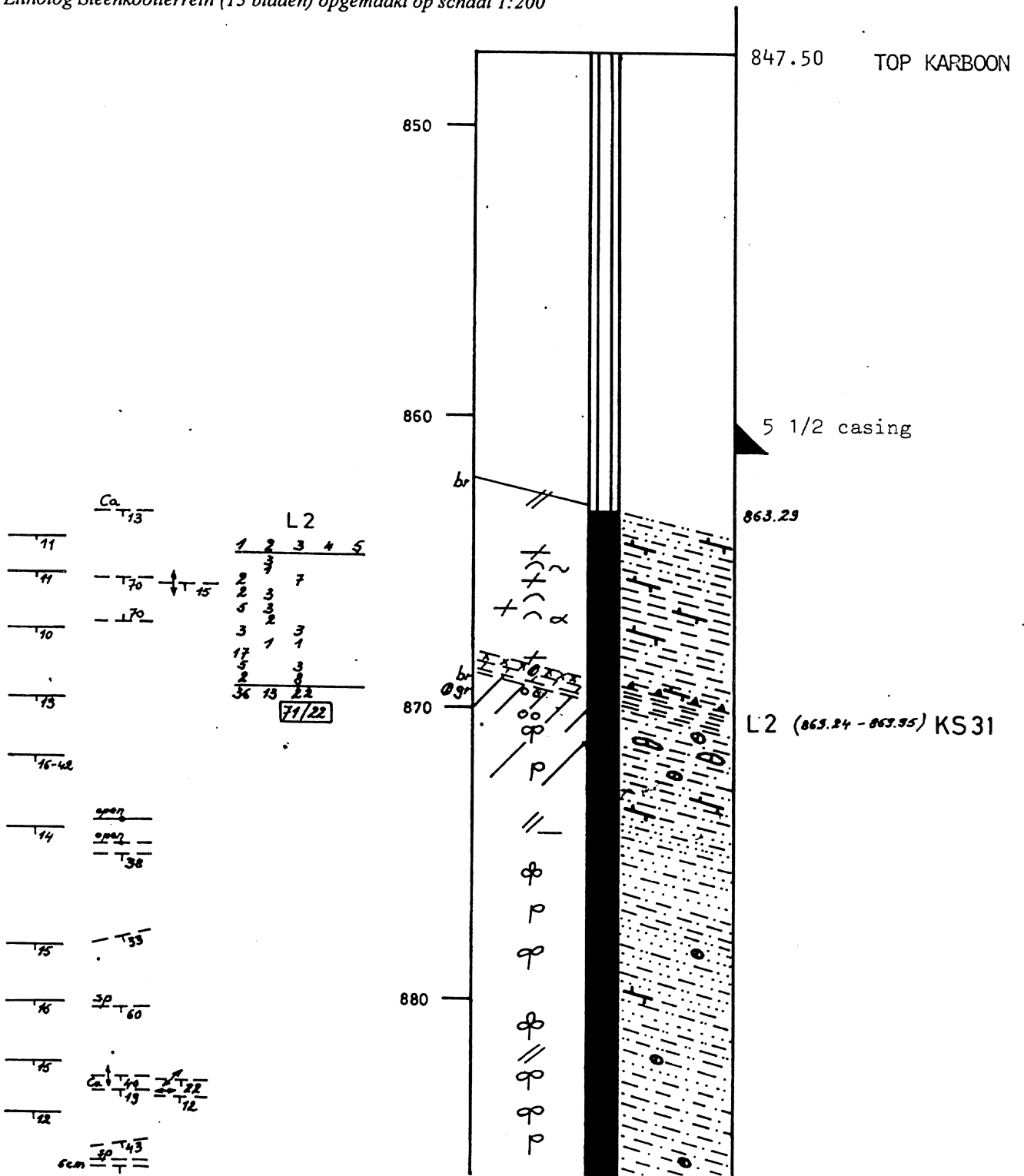
Y 199.406,25

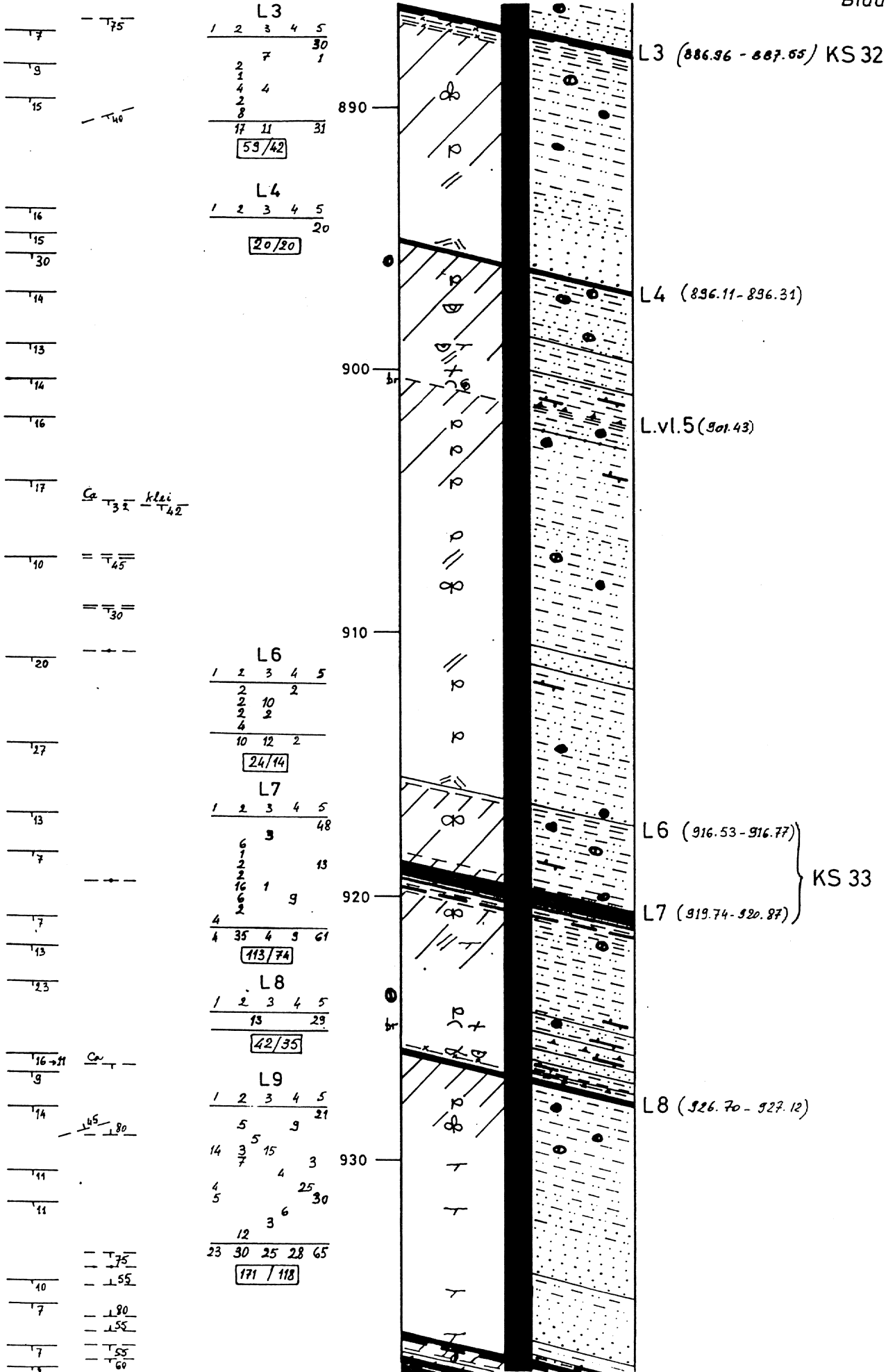
Bonne X 70.055

Y 78.474

Maaiveld = nulpunt der boring 69.15 m

Litholog Steenkoolterrein (13 bladen) opgemaakt op schaal 1:200





L9 (937.54 - 939.25) KS34

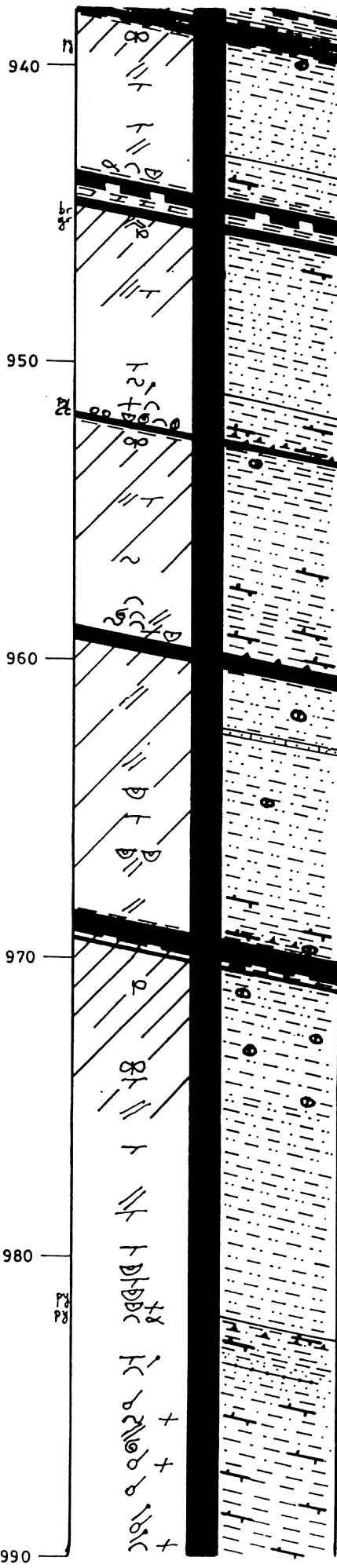
L10 (944.33 - 945.63) KS35

L11 (952.60 - 952.83)

L12 (959.78 - 960.32)

L13 (969.18 - 970.35) KS36

top Anthracosia
caledonica - Fauna
(2^e Eisdén - Band)
"Regendruppels" E1



L10

1	2	3	4	5
		4		
1		4		23
		5	4	3
	4		5	
	2		3	
11			5	
	2			
4				34
16	11	13	27	63
130/103				

L11

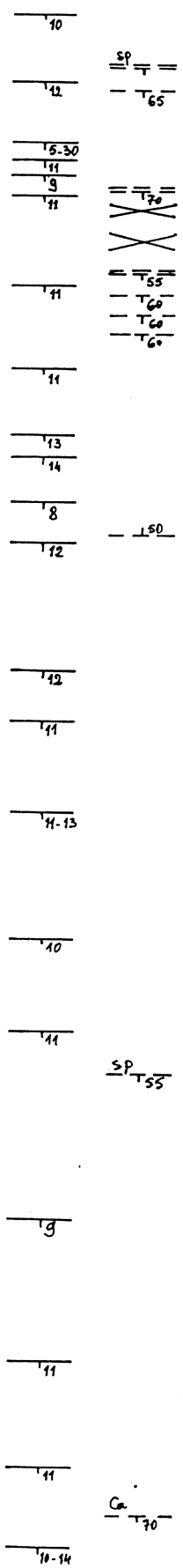
1	2	3	4	5
		c.c.4		17
6	2			
29/23				

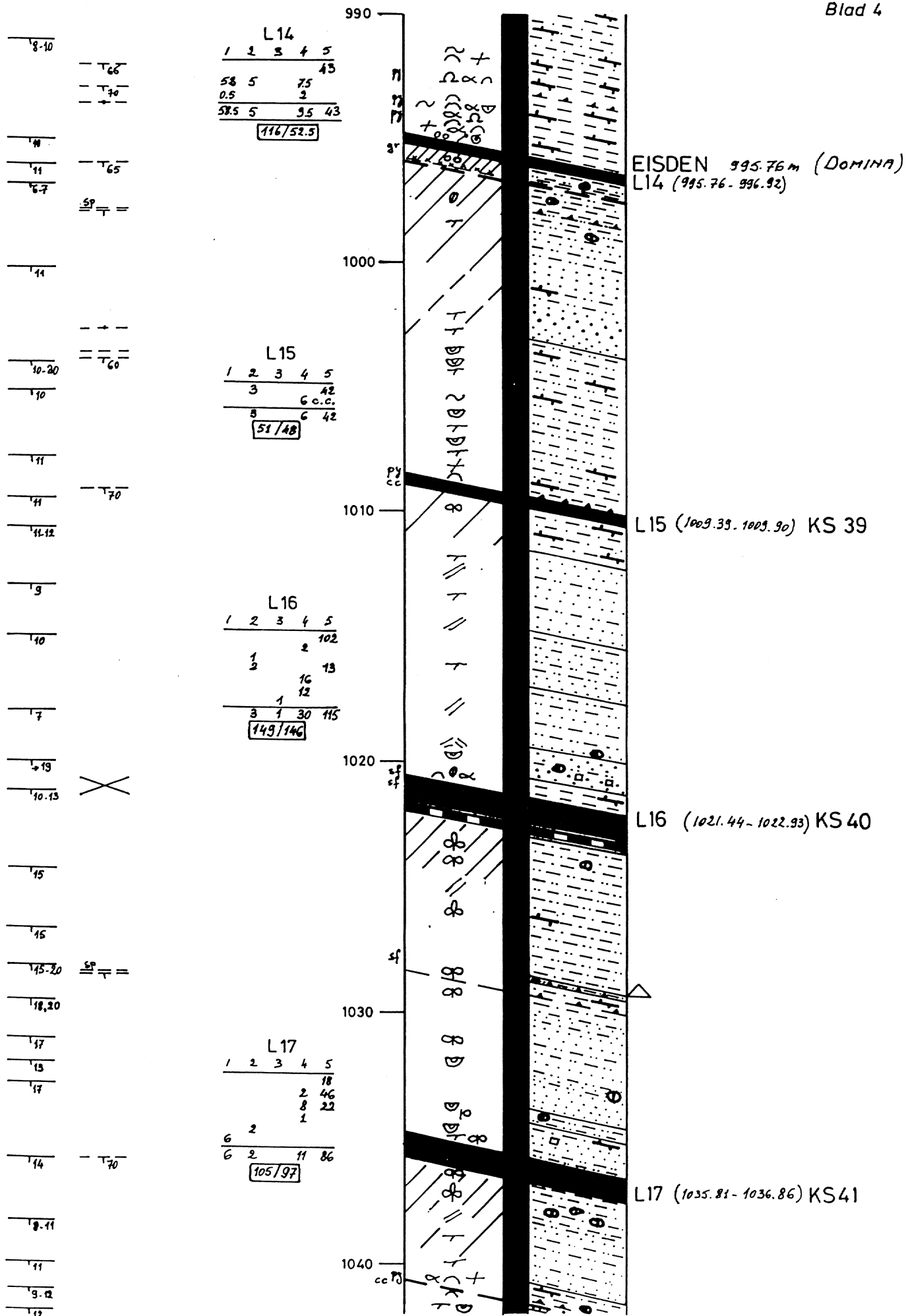
L12

1	2	3	4	5
				51
			3	
54/54				

L13

1	2	3	4	5
	3	5	5	74
		4		
10			5	11
10	3	5	14	85
117/104				





'10-14
'12-17
'8-12
'14
'14
'12
'11
'12
'13
'10
'11
'11
'11
'10
'10
'11
'10-14
'15
'12
'11
'10
'10
'12
'11

X

PT -

G -

L18

1	2	3	4	5
				20
				22

42/42

L18b

1	2	3	4	5
		cc	9	7
			1	
2				
3	2			
5	2	1	10	7

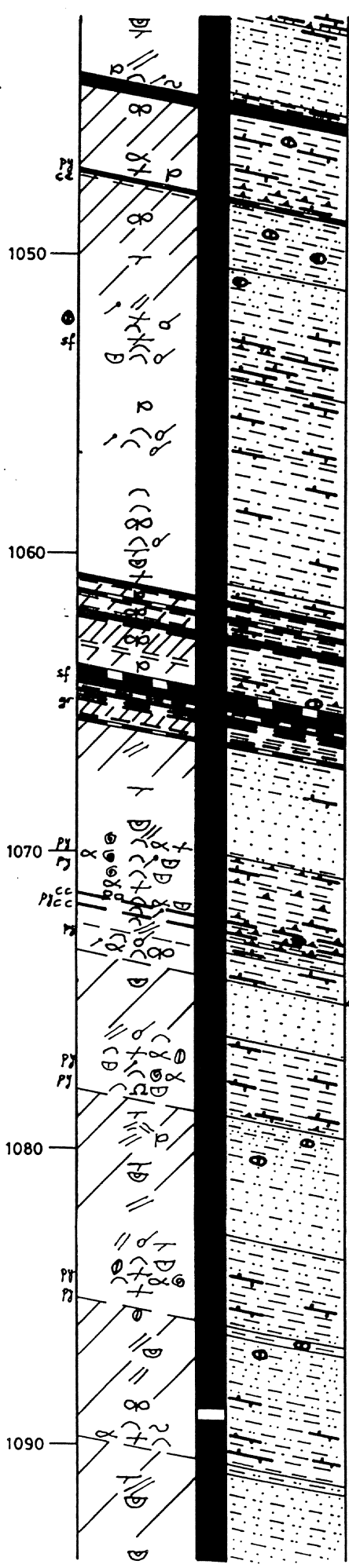
25/18

L19

1	2	3	4	5
				1
				16
			3	
			3	
			2	
6	4			
12	1	6		
	2		5	6
			5	
5	4			
23	1			
	2	4	4	24
			3	
			2	1
			2	5
	9			
59	37			
8		2		
40	1	3	12	
		5	1	
		4		
	1	1	4	31
2	1	1	3	6
		3		12
		2	3	8
		5		
		5	6	
21				
15	5	7		
	2			
3		9	8	

192 80 70 59 93

494/222



L.vl. 17' (1041.83)

L18 (1044.86-1045.28) KS42

L18b (1048.08-1048.33)

L19 (1061.58-1066.52) KS43

L.vl. 20 (1074.38)

L.vl. 21 (1078.92)

L.vl. 22 (1086.00)
basis *A. caledonica* - Fauna

basis onder *similis-pulchra*. Zone
L.vl. 23 (1090.64)

13
23
12
17
17
14
9
12
18
8
11
9
9
10
14,3
9-11
5
17
13.15
11.12
9
9
10
12
10
11
7
7
10
6

170

80-40

60

65

L 28

1	2	3	4	5
				61
4				
65/61				

L28b

1	2	3	4	5
				2
3		2		6
4				
16/13				

L29

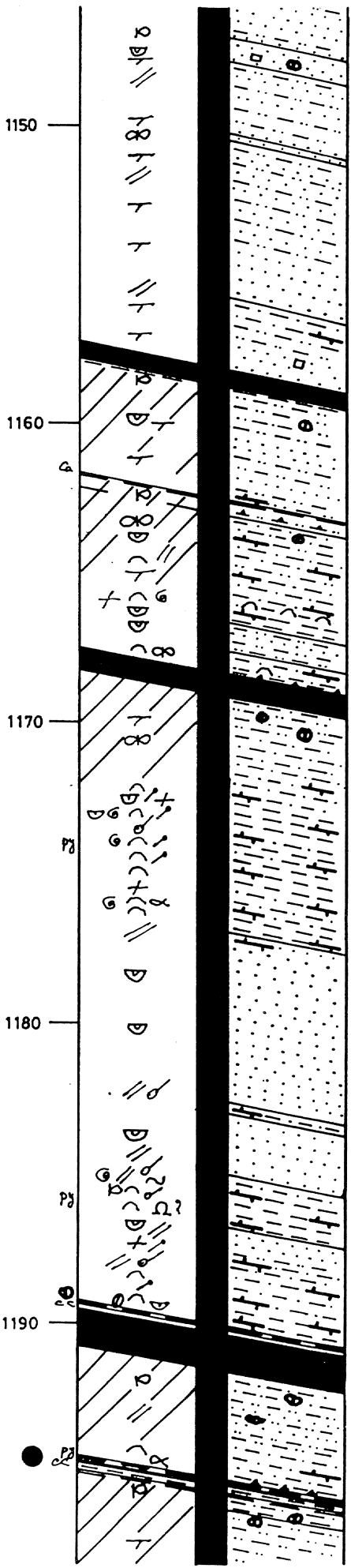
1	2	3	4	5
				20
			9	7
			6	27
	2	11		
2 26 54				
82/82				

L 30

1	2	3	4	5
		cc	15	
6				
2	5	1	2	
			6	13
				11
			3	12
			2	12
			15	28
			8	10
3				
7	10	15	29	93
154/137				

L 31

1	2	3	4	5
		cc	6	
74				
2				13
		3		
	3	5		
3				6
3				
6				
18	8	3	6	19
54/28				



L28 (1158.20 - 1158.85) KS47

L28b (1162.55 - 1162.71)
 overgang *Anthracosia phrygiana* - ovum Faunas

L29 (1168.38 - 1169.20) KS 48

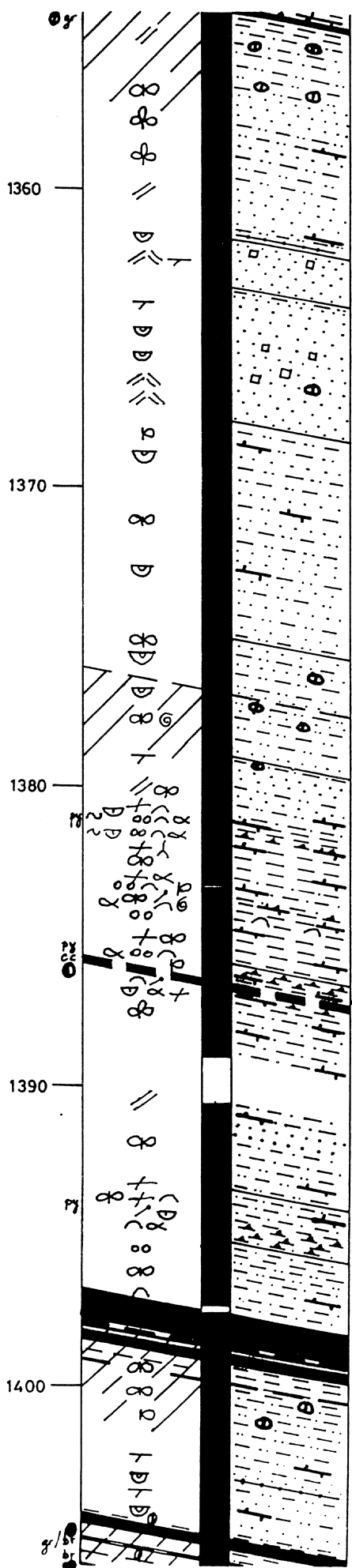
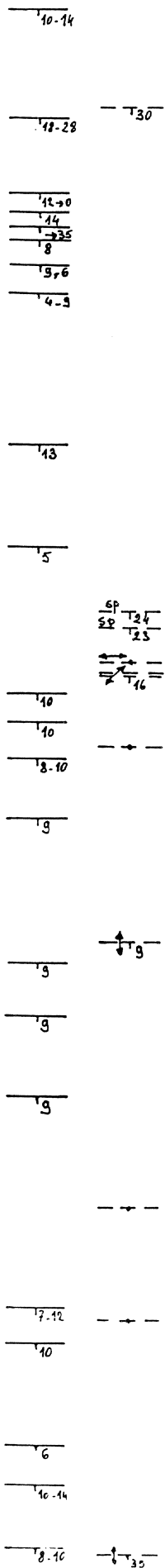
"Regendrappels" A2

L30 (1190.15 - 1191.69)

KS 49

L31 (1195.23 - 1195.99)
 Tonstein Zollverein 8
 (1195.29 - 1195.35)

KS 59



L.v.44 (1376.99)

44 c.c. (1386.62 - 1386.86)
KS 60

L45 (1397.58 - 1399.29)
KS 61

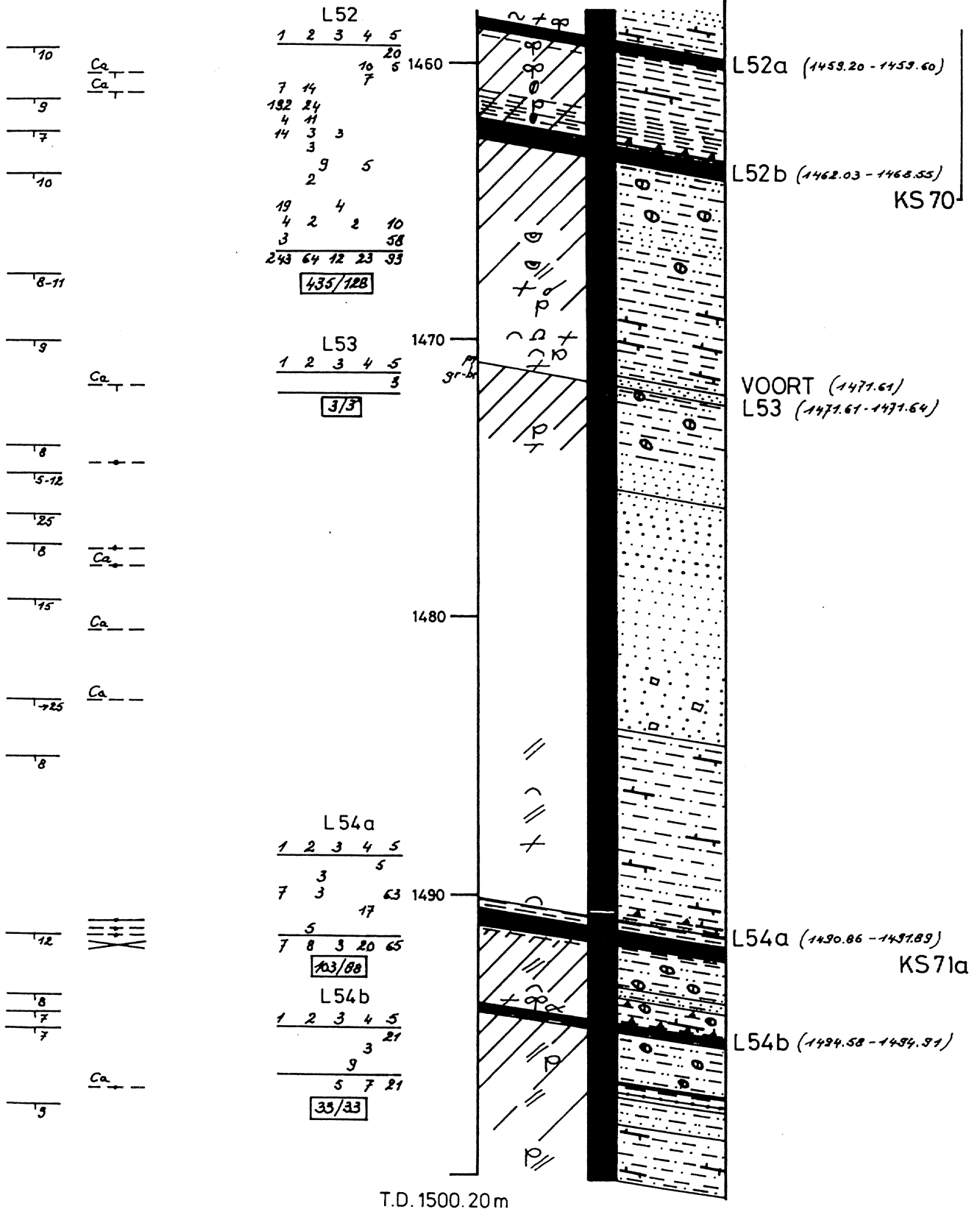
L45 b (1399.67 - 1400.02)

L45

1	2	3	4	5
		6		5
		5	5	64
			400	
8	1	40		8
		2		37
8	1	23	25	114
		171/162		

L45b

1	2	3	4	5
	4			
21		5		
		7		
		37/5		



geïnterpreteerd worden als een lokale hoogte, tijdelijk bedekt door vegetatie binnen een groter overstromd gebied onder invloed van de zeespiegelstijging. Het dak van de volgende koollaag KS 51-52 op 1293.59 m beantwoordt beter aan de correlatie-vereisten (Paproth et al., 1996).

De Mariene Horizon van Quaregnon situeert zich in een overgangszone naar meer zandige sedimentatie (pre-variscische opheffing hinterland, cf. Dreesen, 1993) en verschuiving in de cyclische opbouw van het sedimentpakket (van snelle transgressies tijdens Westphaliaan A naar groter evenwicht transgressies-regressies tijdens Westphaliaan B door verstoring evenwichtsprofiel der rivieren en toename van de hydrografische gradiënt, cf. Paproth et al., 1996) met latente invloed op het ecosysteem en zijn biotische componenten (zie megafloora, miosporen steenkool en niet-mariene schelpen).

Ook het inkolingsprofiel kent een ander verloop: de Mariene Horizon van Quaregnon markeert een negatieve inkolingsanomalie, overeenkomend met een verandering in steenkooleigenschappen tussen Westphaliaan A en B (cf. Wenselaers et al., 1996). Al deze veranderingen lijken niet gestuurd door een verandering in warmteflux maar eerder door een wijziging in grondwaterchemie en verwerking ten gevolge van de gewijzigde paleogeografie (Veld & Fermont, 1990; Dusar et al., 1995; Paproth et al., 1996).

De Horizon van Wijshagen (Leia band) die voorkomt in het dak van koollaag KS45 werd niet als dusdanig herkend ten gevolge van het sterk zandig karakter van de sedimenten.

Drie *Palaeotheria niveaus* komen voor in de boring:

1490.70 m in het dak van koollaag KS71a

1470.60-1471.15 m in de Horizon van Voort

993.20 m in de Horizon van Eisden.

De Mariene Horizon van Eisden is overigens vooral bekend door zijn visfauna.

3.2. VOORSTELLING

De beschrijving van de steenkoolverkenningboringen door de BGD verloopt volgens normen BB 22011 en BB 22012 van de Steinkohlenbergbauverein, Abt. Normung und Prüfung te Essen, overgenomen van de geologie afdeling van de Westfälische Berggewerkschaftskasse te Bochum. Het resultaat van deze beschrijving wordt voorgesteld in de litholog (Fig. 13, 13 bladen). Voor een omstandige verklaring van de legende wordt verwezen naar verkenningboring KB161 Opglabbeek-Louwelsbroek (Boonen et al., 1985). De nummering en onderverdeling der steenkoollagen, in centimeters uitgedrukt, is hernomen in Bijlage 6.

3.3. TONSTEIN

Bericht über die Untersuchung einiger Kohlentonsteine (K. Burger)

3.3.1. ERGEBNIS DER PETROGRAPHISCHEN UNTERSUCHUNGEN

Es wurden Proben aus 4 stratigraphisch verschiedenen Horizonten untersucht. Die Untersuchungsergebnisse der Kohlentonsteine sind für jede einzelne Probe in Form eines Kurzberichtes und dazugehörigen Mikrobildtafeln zusammengestellt, woraus nähere Einzelheiten zu entnehmen sind.

Es handelte sich um folgende Proben:

Teufe	Mächtigkeit	Strat. Horizont
1135.16 m	1 cm	Zollverein 2 (o)
1195.30 m	4 cm	Zollverein 8
1414.95 m	1.5 cm	kein KTst.
1452.30 m	1.8 cm	Karl 2

Tabel 3. Tonsteinmonsters uit boring KB174

Tafel 1 liefert eine allgemeine Übersicht zum Gefüge und Mineralbestand dieser 3 Kohlentonstein-Horizonte. Alle Mikrobilder haben hier gleiche Vergrößerung ($V=20\times$), so daß die Unterschiede des dominanten Kaolinit-Formentypenbestandes (Größe, Form, Verteilung der Formentypen usw.) deutlich in Erscheinung treten. Zu den genannten Kohlentonsteinen sei folgendes bemerkt:

Die Ausbildung der hier vorliegenden *Karl 2-KTst* und *Zollverein 8-KTst* (hier in sapropelitischer Fazies vorliegend) sind mit dem im Ruhrkarbon direkt korrelierbar. Die Ausbildung des hier in der Teufe 1135.16 m festgestellten Kohlentonsteins entspricht wahrscheinlich dem *Zollverein 2 (o)-KTst* des Ruhrkarbons. Der aus dem Ruhrkarbon für diesen Kohlentonstein kennzeichnende, markante Kaolinit-Formentypbestand verliert sich in westlicher Richtung, so daß man die Position in der Flözstruktur zur stratigraphischen Korrelation hinzu ziehen muß. Die in Fig. 14.1-2 dargestellten Strukturschnitte veranschaulichen die Zusammenhänge.

3.3.2. MIKROSKOPISCHE DÜNNSCHLIFFUNTERSUCHUNGEN UND RÖNTGENANALYSEN

* Kohlentonstein aus 1135.16 m Teufe. Mächtigkeit 5-10 mm.

Makroskopisch handelt es sich um eine 5-10 mm dünne Lage, die von Kohle umgeben ist. Sie hat eine dunkelgraue Farbe und besitzt eine feinkörnige Beschaffenheit.

Dünnschliff: Kohlentonstein (Tafel 1, Bild 1; Tafel 2, Bild 4-6)

Röntgenanalyse R.B.20310 (Krefeld): Kaolinit (gut krist.), Apatit ca 3%, Crandallit ca 1-2%, Quarz ca 1-2%, Siderit ?, Schwefelkies ?

Vorherrschend sind mehr oder weniger rekristallisierende Kaolinitgrauen in Größen bis zu 0.5 mm (mittlere Größe ca 0.15 mm) sowie auch optisch isotrope Kaolinitgrauen mit meist bräunlichen Desorbitionen organischer Substanzen. Gelegentlich ein säuliger oder gekrümmter Kaolinitkristall. Relativ häufig sind stark lichtbrechende Aggregate, sowohl in länglichen Formen als auch Spaltstücken und Knäuel - es handelt sich um Pseudomorphosen nach Glimmer, die häufig von sekundär eingelagerten Apatitkriställchen durchsetzt sind. Die genannten Formentypen befinden sich in humoser Grundmasse. Sporadisch kleine Quarzaggregate.

Ergebnis:

Haupttypus: Kaolin-Kohlentonstein

Typus: Graupentonstein mit Pseudomorphosen nach Glimmer und vereinzelt Kaolinitkristallen

KTst-Horizont: Zollverein 2 (o)-KTst des Ruhrkarbons

* Kohlentonstein aus 1195.30 m Teufe. Mächtigkeit 40 mm.

Makroskopisch handelt es sich um eine 4 cm starke Lage, die von 2 cm Pyrit unterlagert und von 6 cm Kannelkohle überlagert ist. Die Kohlentonsteinlage besitzt eine auffällig gebänderte Textur, nämlich:

Lage c: 7 mm dunkelgrauer KTst

Lage b: 28 mm hellbrauner bis gelblicher KTst

Lage a: 5 mm dunkelgraubräunlicher, feinstkörniger bis dichter KTst.

Diese gebänderte Ausbildung des Kohlentonsteins ist typisch für das Auftreten in sapropelitischer Fazies. Aus dem Ruhrkarbon sind zahlreiche Beobachtungen dieser Typus bekannt (Burger, 1962-1971 u.a.; 1971: Teil I, Abb. 5, 10, 11, 12 sowie Makro-/Dünnschliff-Übersichten Tafel 1-4).

Dünnschliff: Kohlentonstein (Tafel 1, Bild 2; Tafel 3, Bild 7-10)

Röntgenanalyse R.B.20311 (Krefeld): Kaolinit (mäßig bis gut krist.), Apatit ca 30%

Die oben mitgeteilte Makrotextur ist auch im Dünnschliff vorhanden, wie nachstehende Kurzbeschreibung erkennen läßt.

Lage c

In humoser Grundmasse schichtig lagernde, optisch isotrope und schwach rekristallisierende Kaolinitgrauen in Größen bis zu 0.5 mm. Vereinzelt einige säulige Kaolinitkriställchen sowie einige schmale Glimmerspleißen (vermutlich Abspaltung von größeren Aggregaten). Sporadisch Quarzkörnchen.

Lage b

Die Matrix dieser ca 28 mm dicken Lage besteht aus einer optisch isotropen Kaolinitgrundmasse, die von organischen Substanzen bräunlich gefärbt ist.

In den oberen 2 mm beobachtet man stärkere Anreicherungen von Kaolinitgräuben und -gräupchen sowie schichtig lagernde Pseudomorphosen nach Glimmer bis 0.5 mm Länge, sowie deren Spaltstücke; diese pseudomorphen Aggregate führen reichlich Apatitkriställchen. Ganz selten ist Quarz nachweisbar.

Der Hauptteil der Lage b besteht aus der oben genannten Matrix, in welcher in loser Verteilung Apatit-führende Glimmerpseudomorphosen in Längen bis zu 0.7 mm, deren Spaltstücke und Spleißen auftreten. Der hohe Apatitgehalt (hier ca 30%) ist im wesentlichen in kryptokristalliner Form in der Matrix verteilt - analog zu den Untersuchungen am Zollverein 8-KTst des Ruhrkarbons. Möglicherweise ist die im Hangenden des KTst beobachtete Fauna der Lieferant der notwendigen Phosphorsäure.

Lage a besteht im wesentlichen aus einer hellbräunlichen Kaolinitgrundmasse mit eingelagerten, schwach rekristallisierenden Kaolinitgräuben und einigen Glimmerspleißen. Man hat den Eindruck, daß die Gräuben in Auflösung begriffen sind. Die Basis bildet homophaner Kaolinit mit eingelagerten Resten von Gefäßtracheiden, Sporenresten und opaken, humosen Partikeln.

Ergebnis:

Haupttypus: Kaolin-Kohlentonstein, Bändertextur

Typus: Glimmerpseudomorphosen - Graupentonstein mit extremer Apatitanreicherung

KTst-Horizont: Zollverein 8-KTst des Ruhrkarbons

*** Probe aus 1414.95 m Teufe. Mächtigkeit 14 mm.**

Makroskopisch ein dunkelgraues, feinstkörniges Bergemittel mit Glimmerschüppchen auf Schichtflächen.

Röntgenanalyse R.B.20312 (Krefeld): Quarz ca 30%, Feldspat ca 3%, Glimmer (vorwiegend Illit) ca 35%, Kaolinit (Fireclay-Typ) ca 25%, Chlorit (schlecht krist.) ca 3-5%, Siderit ca 1-2%

Mikroskopische Dünnschliffuntersuchung weist aus, daß es sich um einen normalen Detritustonstein handelt.

*** Kohlentonstein aus 1452.30 m Teufe. Mächtigkeit 18 mm.**

Makroskopisch eine graubräunliche, feinkörnige Lage, die mitten im Flöz 53K 1.8KTst 29K eingeschaltet ist.

Dünnschliff: Kohlentonstein (Tafel 1, Bild 3; Tafel 4, Bild 11-14)

Röntgenanalyse R.B.20313 (Krefeld): Kaolinit (gut krist.), Quarz ca 3-5%, Apatit ca 2-3%

Vorherrschend sind von organischen Substanzen bräunlich gefärbte Kaolinitkristalle in dichter Packung. Es handelt sich um Tafeln, gestreckte und gekrümmte Säulen, Spaltstücke und pseudomorphe Aggregate - sämtliche Formentypen sind Abkömmlinge kaolinisierter Biotite; die gekrümmten Säulen sind wahrscheinlich Neubildungen in situ. Vereinzelt sind kaolinisierte, hexagonale Tafelbruchstücke von Biotit erkennbar. Einige Kaolinitkristalle weisen anomale Polarisationsfarben auf, was auf Chloritisierung hinweist. Der übrige Mineralbestand ist gering. Nachweisbar ist Quarz in kantigen und schwach gerundeten Formen bis 0.15 mm Größe, ferner vereinzelte Kaolinitkristalle mit sekundär eingelagertem Siderit. Zirkon ist nur sporadisch vertreten. Die genannten Formentypen und Minerale befinden sich in humoser Grundmasse.

Ergebnis:

Haupttypus: Kaolin-Kohlentonstein

Typus: Kristalltonstein nach Biotit

KTst-Horizont: Karl 2-KTst des Ruhrkarbons.

TAFEL 1

Übersicht Dünnschliff-Mikrobilder zum Gefüge und Mineralbestand
V = 20x, Bildlänge 4.50 mm.

Bild 1: Zollverein 2 (o)-Kohlentonstein aus 1135.16 m Teufe.

Rekristallisierende und optisch isotrope Kaolinitgrauen und -gräupchen sowie vereinzelte Glimmerpseudomorphosen und deren Spaltstücke in humoser Grundmasse.

Polarisator gegen Analysator in 20° Stellung.

Bild 2: Zollverein 8-Kohlentonstein aus 1195.30 m Teufe.

Apatitführende Glimmerpseudomorphosen, deren Spaltstücke und Spleißen sowie Kaolinitgrauen und -gräupchen in bräunlich gefärbter, optisch isotroper Kaolinitgrundmasse.

Polarisator gegen Analysator //.

Bild 3: Karl 2-Kohlentonstein aus 1452.30 m Teufe.

Kristalltonstein nach Biotit. Dichtlagernde Kaolinitkristalle, bestehend aus tafeln, Spaltstücken, Säulen und pseudomorphen Aggregaten in stark verdrängter humoser Grundmasse. Vereinzelt Quarz- und Apatitkörner.

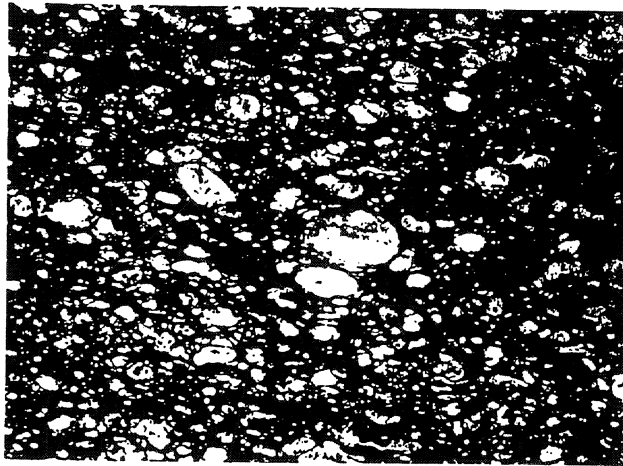
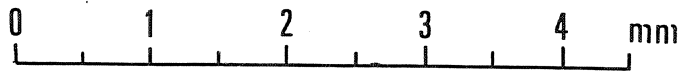
Polarisator gegen Analysator //.

CAMPINE, Bohrung 174

Tafel I

KOHLENTONSTEINE

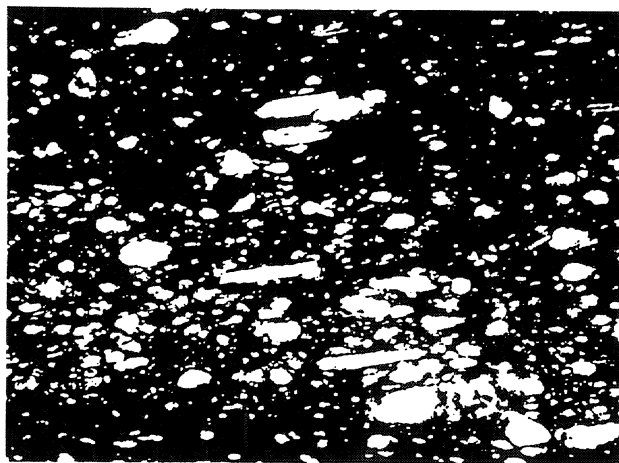
Übersicht zum Gefüge und Mineralbestand



ZOLLVEREIN 2 (o)

1135,16 m

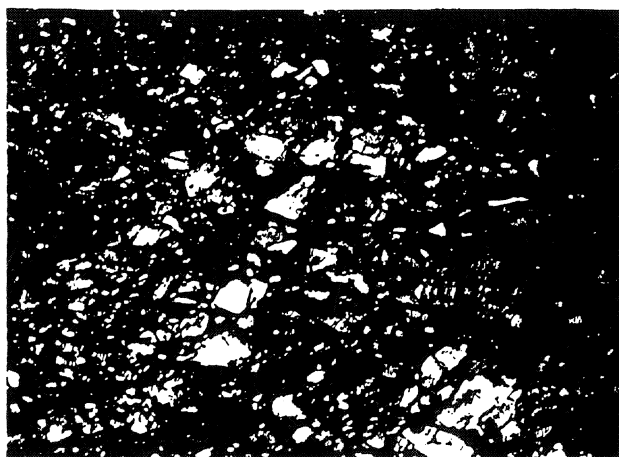
1



ZOLLVEREIN 8

1195,30 m

2



KARL 2

1452,30 m

3

TAFEL 2

Zollverein 2 (o)-Kohlentonstein aus 1135.16 m Teufe.
Mächtigkeit 5-10 mm.

Bild 4: Schwach rekristallisierende und optisch isotrope Kaolinitgraupen und -gräupchen sowie vereinzelte Glimmerpseudomorphosen und deren Spaltstücke in humoser Grundmasse. Einige Graupen mit bräunlichen Adsorbtionen.

V = 28x, Bildlänge 3.18 mm.

Polarisator gegen Analysator in 50° Stellung.

Bild 5: Kaolinitgraupen und -gräupchen, z.T. schwach rekristallisierend oder auch optisch isotrop mit vereinzelten kristallinen Formentypen in humoser Grundmasse.

V = 28x, Bildlänge 3.18 mm.

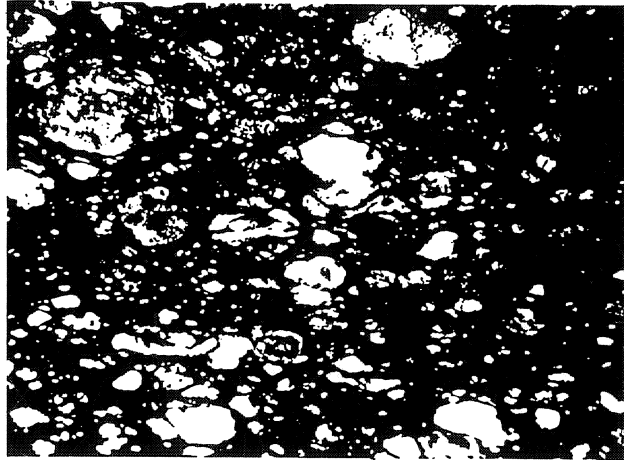
Polarisator gegen Analysator in 20° Stellung.

Bild 6: Schwach rekristallisierende Kaolinitgraupen und -gräupchen neben zahlreichen apatithaltigen Glimmerpseudomorphosen und deren Spaltstücke in opaker, humoser Grundmasse.

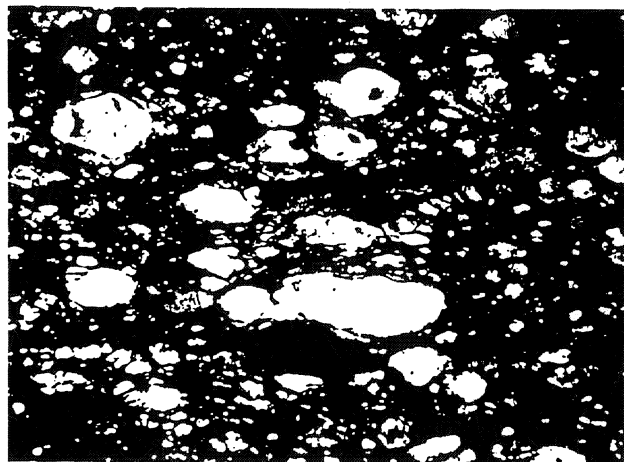
V = 80x, Bildlänge 1.13 mm.

Polarisator gegen Analysator in 30° Stellung.

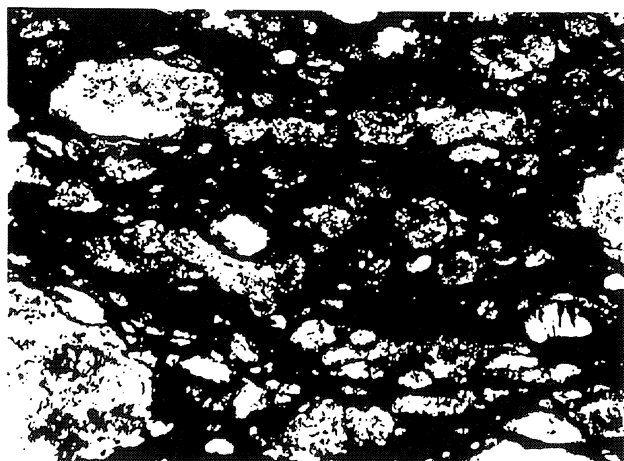
ZOLLVEREIN 2 (o)-
KOHLENTONSTEIN Teufe 1135,16m



4



5



6

TAFEL 3

Zollverein 8-Kohlentonstein aus 1195.30 m Teufe.
Mächtigkeit ca 40 mm.

Bild 7: Schichtig lagernde Kaolinitgrauen und -gräupchen - meist optisch isotrop oder schwach rekristallisierend, in opaker humoser Grundmasse. Vereinzelt schmale Glimmerspleißen.

Oberer Teil des KTst = Lage c.

V = 80x, Bildlänge 1.13 mm.

Polarisator gegen Analysator //.

Bild 8: Von organischen Substanzen bräunlich gefärbte, optisch isotrope Kaolinitgrundmasse mit sporadisch verteilten, apatithaltigen Glimmerpseudomorphosen und deren Spaltstücke. In der Grundmasse kryptokristalliner Apatit in feinsten Verteilung.

Mittlerer Teil des KTst = Lage b.

V = 80x, Bildlänge 1.13 mm.

Polarisator gegen Analysator //.

Bild 9: Apatithaltige Glimmerpseudomorphosen, Spaltstücke und Spließen sowie einige Kaolinitgrauen und -gräupchen in bräunlich gefärbter, optisch isotroper Kaolinitgrundmasse.

Unterer teil der Lage b.

V = 80x, Bildlänge 1.13 mm.

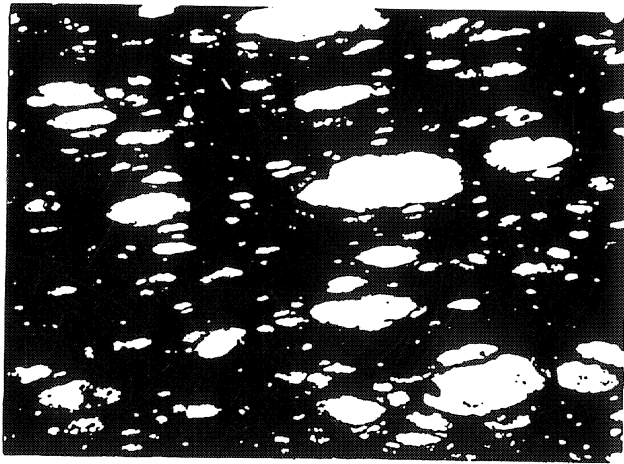
Polarisator gegen Analysator //.

Bild 10: Hellbräunliche Kaolinitgrundmasse mit Resten opaker, humoser Substanz. In der Grundmasse schwach erkennbare Kaolinitgrauen sowie vereinzelt schmale Glimmerspleißen. Darunter Übergang zur homophanen Kaolinitgrundmasse mit gelegentlich auftretenden Resten von Gefäßtracheiden etc.

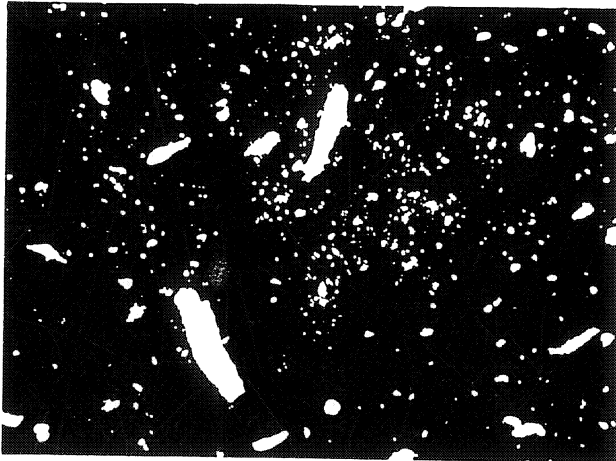
Unterer teil des KTst = Lage a.

V = 80x, Bildlänge 1.13 mm.

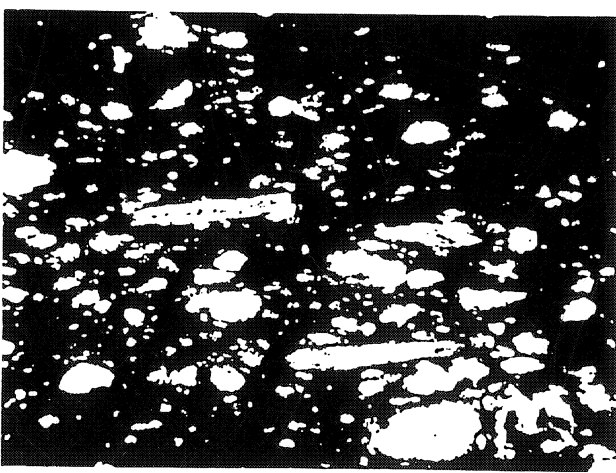
Polarisator gegen Analysator //.



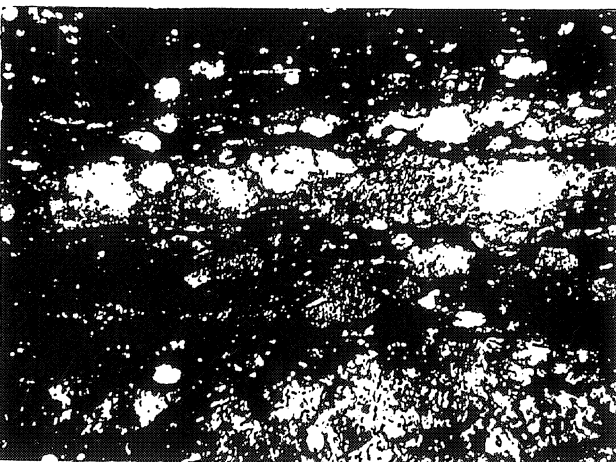
7



8



9



10

TAFEL 4

Karl 2-Kohlentonstein aus 1452.30 m Teufe.
Mächtigkeit 18 mm.
Kristalltonstein (kaolinisierte Biotite).

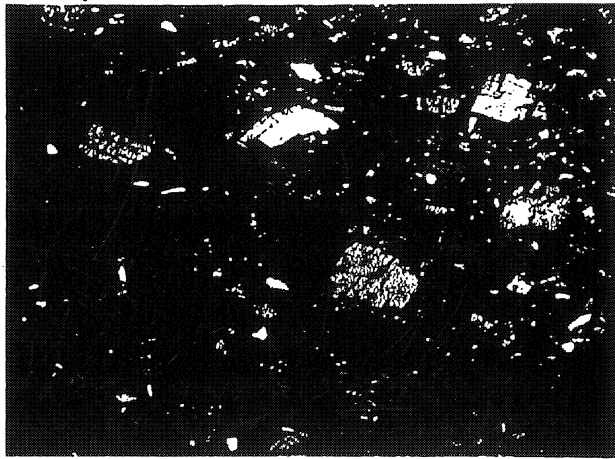
Bild 11: Dichtlagernde Kaolinitkristalle in Form von Tafeln, Spaltstücken und Säulen in humoser Grundmasse; die Formentypen sind durch organische Substanzen bräunlich gefärbt. Vereinzelt scharf begrenzte Quarz- und Apatitkörnchen.
Oberer Bereich des KTst.
V = 20x, Bildlänge 4.50 mm.
Polarisator gegen Analysator in 20° Stellung.

Bild 12: Lamellar struierte Kaolinittafeln und Spaltstücke unterschiedlicher Größe sowie vereinzelte Kaolinitssäulen. In der Bildmitte sichtbare Querteilung einer Kaolinittafel und Bildung von zwei Säulen. Sporadisch Quarz. Humose Grundmasse.
V = 28x, Bildlänge 3.18 mm.
Polarisator gegen Analysator in 50° Stellung.

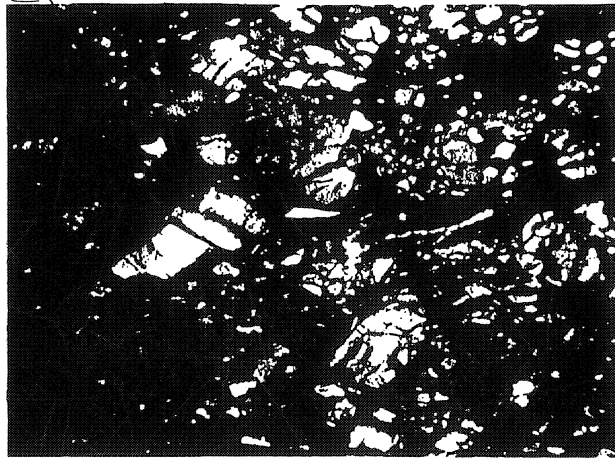
Bild 13: Kaolinittafeln, Spaltstücke, gestreckte und gekrümmte Kaolinitssäulen sowie einige Biotitpseudomorphosen in dichter Packung. Sporadisch Quarzkörner (weiß).
V = 28x, Bildlänge 3.18 mm.
Polarisator gegen Analysator in 50° Stellung.

Bild 14: Biotitpseudomorphosen, taflige und säulige Spaltstücke sowie sporadisch Quarz und Apatit in stark verdrängter humoser Grundmasse.
V = 80x, Bildlänge 1.13 mm.
Polarisator gegen Analysator in 50° Stellung.

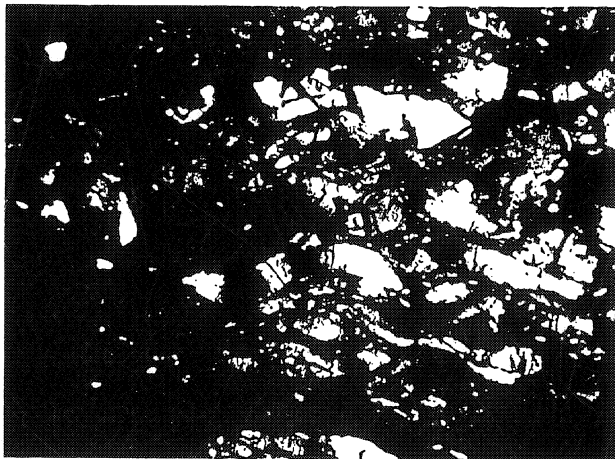
Teufe 1452,30 m



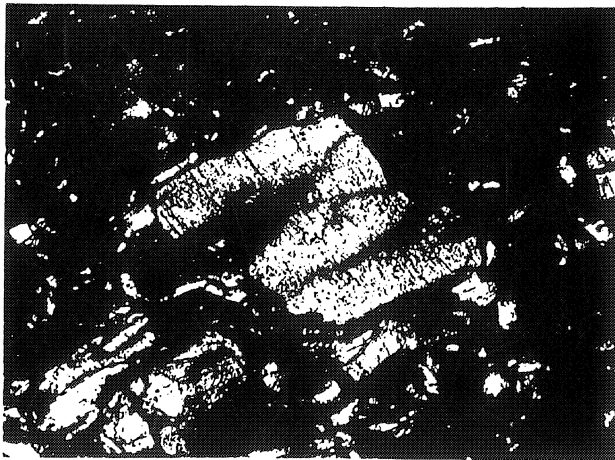
11



12



13



14

PLAAT 5

Alethopteris lonchitica

1. KB174 1023.70 m, x2
2. KB174 1023.80 m, x1

Paripteris gigantea

3. KB174 1458.85 m, x1
4. KB174 1406.69 m, x1

Paripteris pseudogigantea

5. KB174 881.30 m, x1

Neuropteris obliqua

6. KB174 1026.70 m, x2

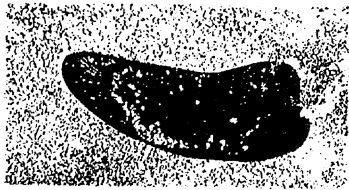
PLAAT 5



1



2



3



5



4



6

PLAAT 6

Neuropteris hollandica

1. KB174 880.85 m, x1

Neuropteris loshi

2. KB174 1399.55 m, x2

3. idem, x5

4. KB174 918.06 m, x2

5. idem, x 3.2

Alloiopteris coralloides

6. KB174 1081.20 m, x2

Eusphenopteris striata

7. KB174 939.60 m, x 5

8. idem, x2

Eusphenopteris trigonophylla

9. KB174 1026.70 m, x2

10. KB174 1064.40 m, x3

PLAAT 6



1



2



3



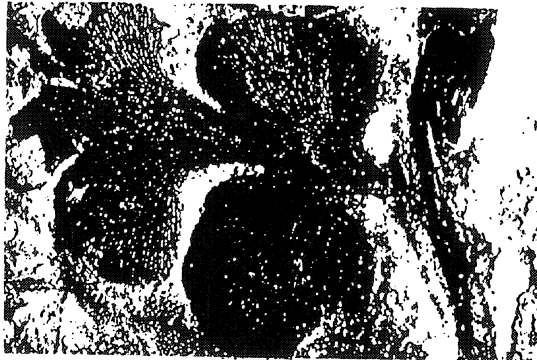
6



4



5



7



8



9



10

PLAAT 7

Karinopteris (al. *Mariopteris*) *dernoncourti*

1. KB174 929.22 m, x1 algemeen beeld
2. idem, x1
3. idem, x3.2 detail met nervatuur
4. idem, x 3.2

Karinopteris (al. *Mariopteris*) *daviesi*

5. KB174 1026.70 m, x2

Mariopteris *sauveuri*

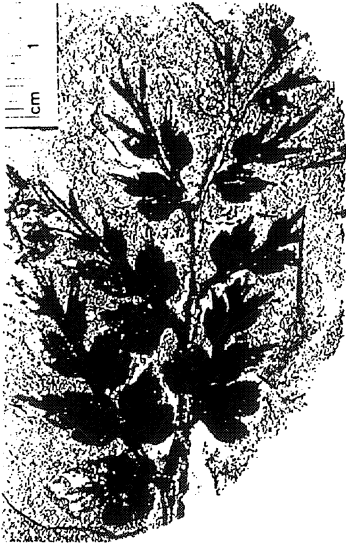
6. KB174 877.11 m, x1

Margaritopteris conwayi (Lindley & Hutton) (al. *M. pseudocoemansi* Gothan) Crookall

cf. Laveine, Coquel & Loboziak, 1977
zeldzame soort, echter lokaal algemeen

7. KB174 1359.35 m, x 3.2
8. idem, x1

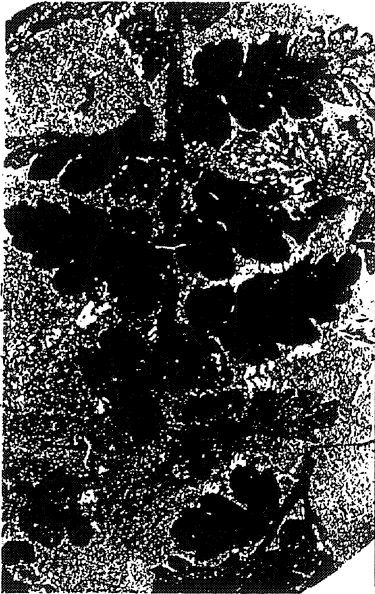
PLAAT 7



1



3



2



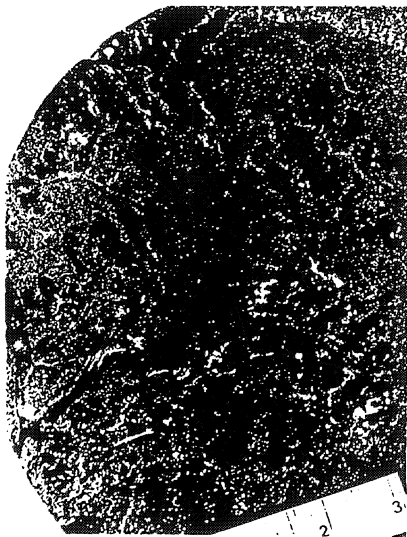
4



5



7



8



6

PLAAT 8

Lepidostrobophyllum lanceolatum

1. KB174 1026.30 m, x2

Sigillariostrobus sp.

2. KB174 1386.50 m, x1 algemeen beeld

3. idem, detail met sporen in-situ

Calamites suckowi

4. KB174 940.35 m, x1

Asterophyllites equisetiformis

5. KB174 889.90 m, x1

Aulacotheca sp.

6. KB174 1024.60 m, x1

Sphenophyllostachys sp.

7. KB174 890.20 m, x2

Samaropsis cf. *ingens*

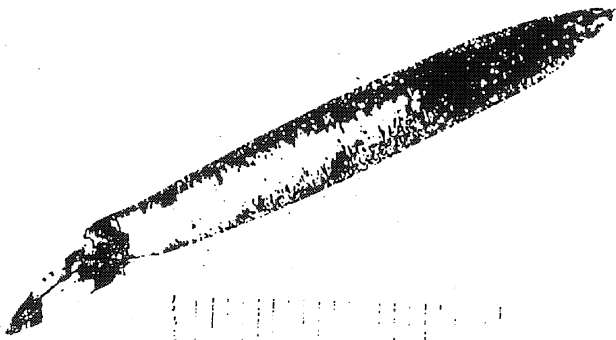
8. KB174 1231.95 m, x2

Palaeostachya pedunculata

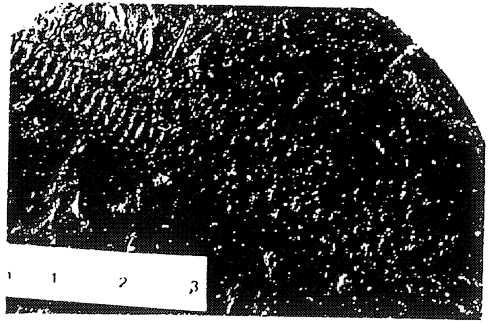
9. KB174 1436.40 m, x1 algemeen beeld

10. idem, detail

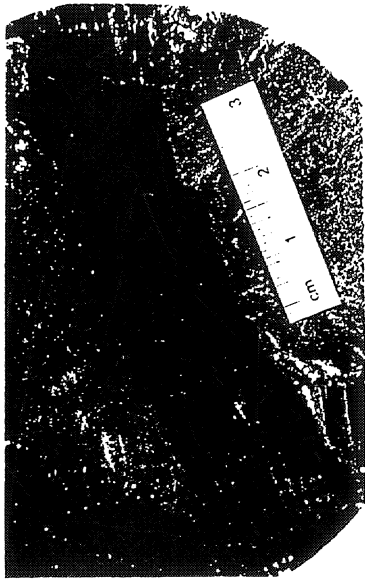
PLAAT 8



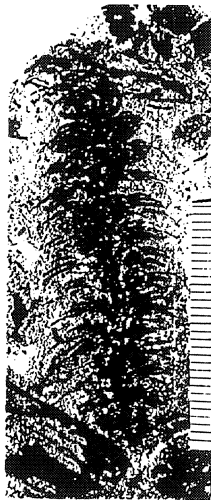
1



2



4



5



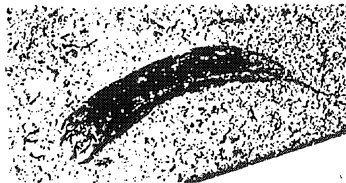
3



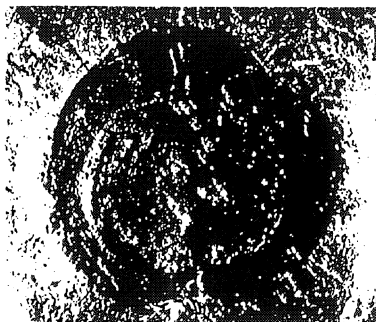
9



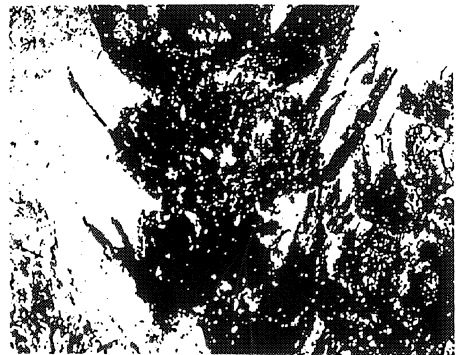
7



6



8



10

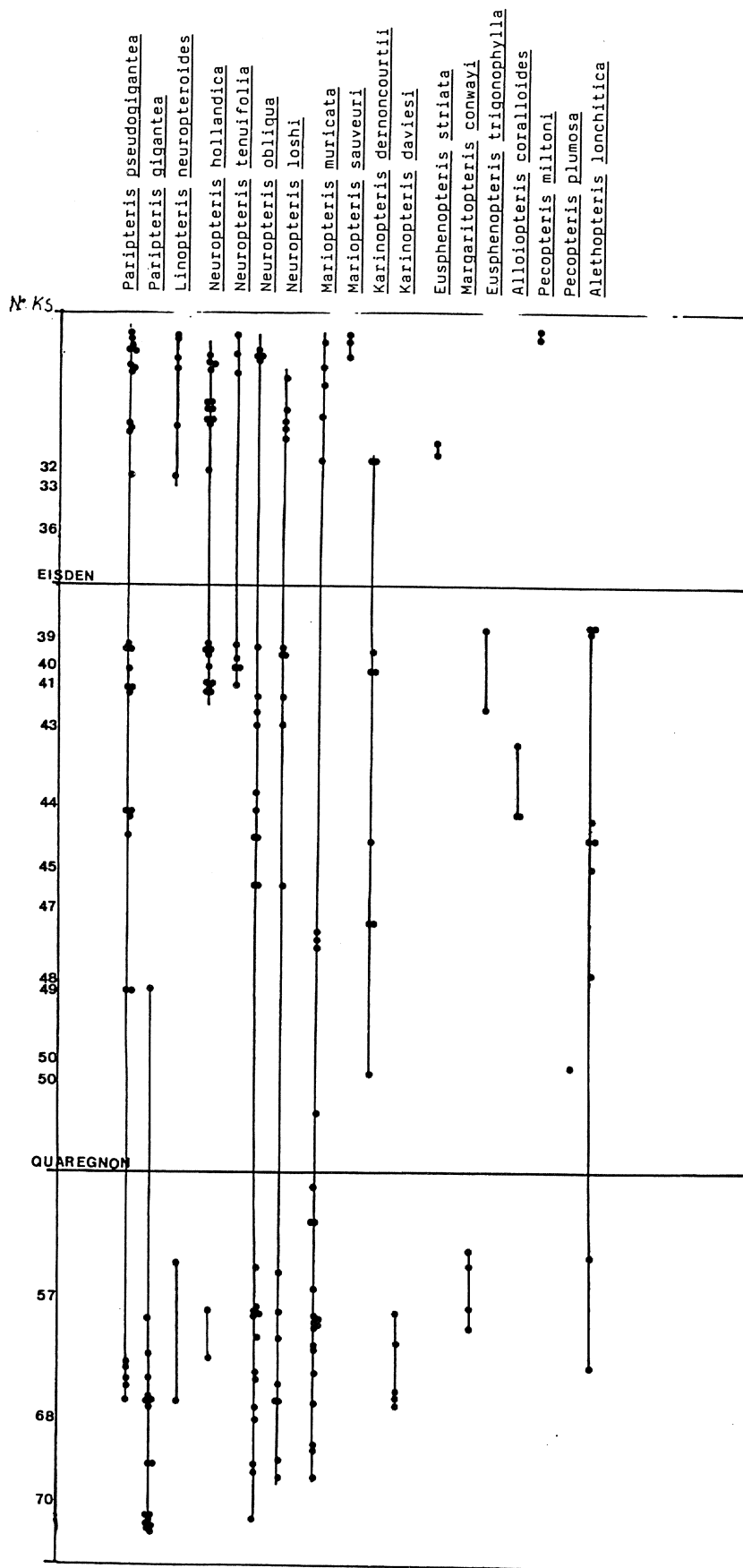


Fig. 15. Vertikale verbreiding van stratigrafisch belangrijke megafloora. Koollaagnummering komt overeen met KS nummering.

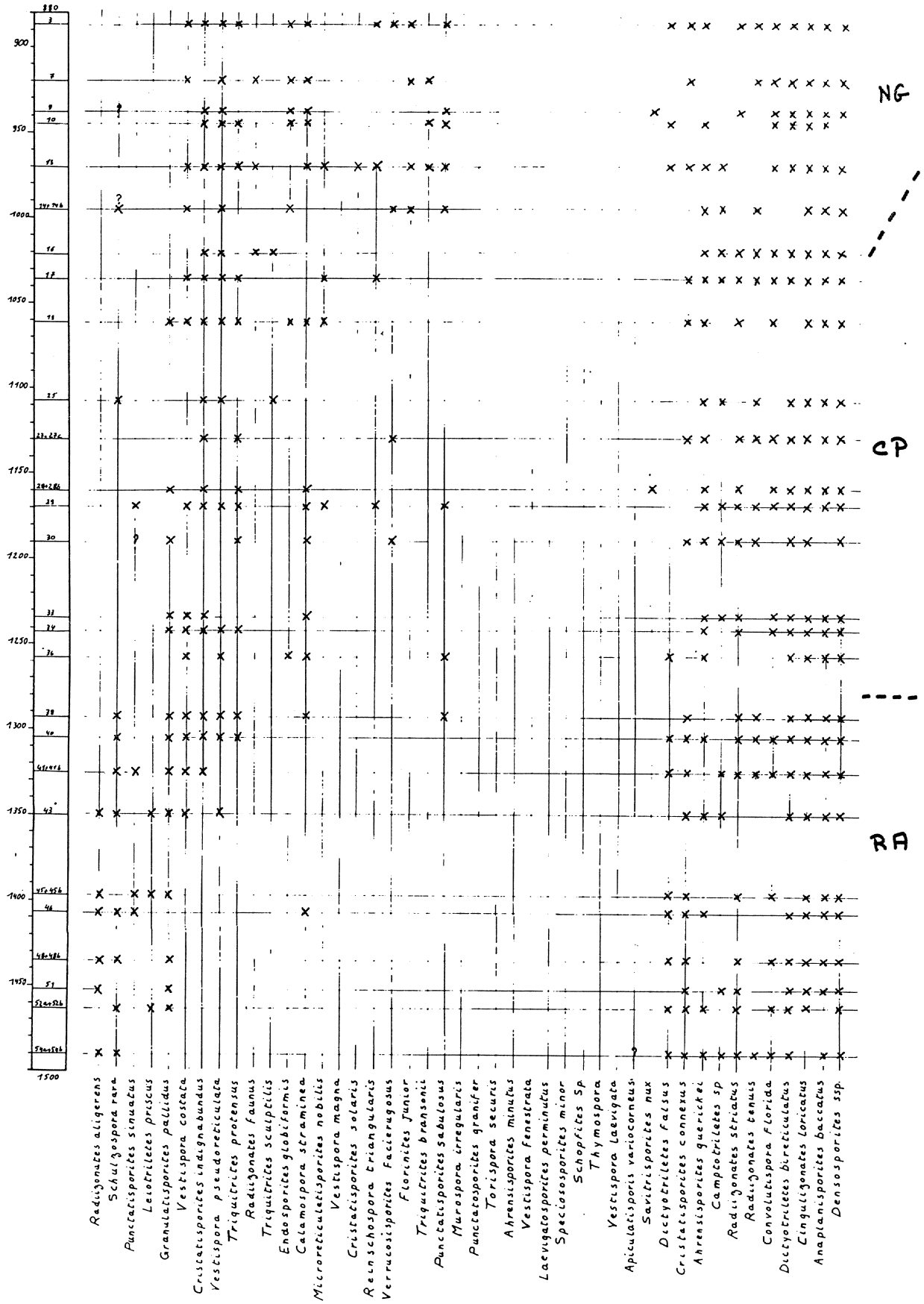


Fig. 16. Distribution stratigraphique et biozonation des miospores. Numérotation des couches de charbon selon le sondage 174.

3.4. PALEONTOLOGIE

3.4.1. MEGAFLORE (M. Demaret)

Fossiele planten werden verzameld bij het doorkloppen van de kernen en voor studie toevertrouwd aan de Dienst Paleontologie van de Universiteit Luik. Megafloresten zijn overvloedig en vrij goed bewaard in floodplain en moeras afzettingen (Bijlage 4, monsters bewaard in de lithotheek van de BGD). De verbreiding van de stratigrafisch belangrijkste soorten is samengevat in figuur 15, met afbeelding op fotoplatten 5-8. Enkele bemerkingsen kunnen hierbij gemaakt worden:

- De weergevonden associaties en hun verticale verbreiding beantwoorden aan de stratigrafische verwachtingen (Paproth et al., 1983). De verdwijning van *Linopteris neuropteroides* tussen de niveaus van Quaregnon en Eisden kan evenwel niet direct verklaard worden.
- De geleidelijke vervanging van *Paripteris gigantea* door *P. pseudogigantea* is zeer typisch (Pl. 5, fig. 3-5). Deze laatste soortnaam wordt verkozen boven het synoniem *P. abbreviata* Stockmans, in overeenstemming met Laveine (1967).
- *Neuropteris obliqua* (Pl. 5, fig.6) en *N. loshi* (Pl. 6, fig. 2-5) zijn zeer algemeen. *N. heterophylla* is niet met zekerheid gedetermineerd; het onderscheid tussen *N. loshi* en *N. heterophylla* is niet zeer duidelijk. Beide soorten werden dikwijls als een enkele soort beschouwd, beschreven onder de naam *N. heterophylla* (cf. Josten, 1962 en de werken van Stockmans).
- De stratigrafische verbreiding van *Neuropteris hollandica* (Pl. 6, fig. 1) en *N. tenuifolia* beantwoordt volkomen aan de stratigrafische verwachtingen.
- De vertegenwoordigers van de groep der Mariopteriden zijn stratigrafisch interessant, met uitzondering van *Mariopteris muricata* die een zeer lange tijdsduur kent (Pl. 7, fig. 1-6). Een enkel specimen van *Karinopteris* (al. *Mariopteris*) *acuta* is onder de Horizon van Quaregnon waargenomen, maar niet opgenomen in het stratigrafisch overzicht.
- Het voorkomen van *Margaritopteris conwayi* (Pl. 7, fig. 7-8) verdient nadere aandacht. Deze zeldzame soort wordt op hetzelfde stratigrafisch niveau teruggevonden als in het steenkoolbekken Nord - Pas-de-Calais.
- *Lyginopteris* (al. *Sphenopteris*) *hoeninghausii* werd daarentegen niet waargenomen in het Westphaliaan A, waar deze soort normaliter zeer algemeen zou moeten zijn (in boring Peer KB206 waargenomen op 1095.55 m; Duser et al., 1995).
- De beide *Pecopteris* soorten zijn algemene soorten met een ruime stratigrafische verbreiding, zonder veel stratigrafische waarde.

3.4.2. MIOSPOREN STEENKOOL (Y. Somers)

Les assemblages de miospores dans les couches de charbon, étudiées à l'INIEX/ISSeP (Liège), sont dominés, soit par *Lycospora pusilla*, soit par *Lycospora pusilla* et *Densosporites*, soit moins souvent par *Densosporites*. *Calamospora*, *Crassispora*, *Laevigatosporites* et *Punctatosporites* sont présents partout en quantité assez importante (sauf à la base du sondage) tandis que *Cristatisporites*, *Cingulizonates*, *Radiizonates*, *Endosporites* et *Florinites* restent peu abondants. Occasionnellement, *Apiculatisporis*, *Anaplanisporites* et *Lycospora rotunda* dépassent 5%.

Trois zones d'assemblage peuvent être distingués, suivant la zonation établie dans Paproth et al, 1983, également reconnue dans le sondage voisin de Peer KB206 (Duser et al., 1995)-(Fig. 16).

1. La partie inférieure du sondage est caractérisée par la présence de *Schulzospora rara*, *Radiizonates aligerens* et *Punctatisporites sinuatus* dans la majorité des couches. D'autres espèces caractéristiques de cette zone sont *Cristatisporites connexus*, *Radiizonates striatus*, *Leiotriletes priscus*, *Dictyotriletes falsus*, *Camptotriletes spp.*, *Ahrensispores guericki*, *Radiizonates tenuis*, *Convolutispora florida*, *Dictyotriletes bireticulatus*, *Cingulizonates loricatus*, *Anaplanisporites baccatus*, *Densosporites sphaerotriangularis* et quelques spécimens de *Granulatisporites pallidus*.

Radiizonates aligerens et *Leiotriletes priscus* sont absents au sommet de cette zone d'assemblage qui voit également l'apparition des premières *Vestispora costata* et *V. pseudoreticulata*.

il s'agit de la zone d'assemblage **RA** (*rara-aligerens*), correspondant au Westphalien A supérieur, qui s'étend jusqu'à la couche 38, immédiatement en-dessous du niveau de Quaregnon, limite Westphalien A-Westphalien B.

2. La zone suivante diffère de la précédente par l'absence de *Radiiizonates aligerens* et de *Leiotriletes priscus* et par la disparition de *Schulzospora rara* et de *Punctatisporites sinuatus*. La présence de *Vestispora costata*, *Cristatisporites indignabundus*, *Triquitrites protensus* et *Radiiizonates tenuis* y devient régulière. Dans cette zone apparaissent *Calamospora straminea*, *Triquitrites sculptilis*, *Radiiizonates faunus* et *Endosporites globiformis*.

Sa limite supérieure est définie par la fin de l'épibole de *R. striatus* et de *C. connexus* et, accessoirement, de *D. falsus* et *G. pallidus*.

Il s'agit de la zone d'assemblage **CP** (*costata-pseudoreticulata*), correspondant au sommet du Westphalien A et au Westphalien B inférieur, qui s'étend approximativement jusqu'au niveau de la couche 16, 25 m en-dessous du niveau d'Eisden, limite Westphalien B inférieur-Westphalien B supérieur.

3. La base de la zone d'assemblage suivante est définie par le début de l'épibole de *Endosporites globiformis* et de la biozone de *Microreticulatisporites nobilis*. Elle diffère de la précédente par la présence discontinue de *C. connexus*, *R. striatus* et *G. pallidus*. On y voit les premiers spécimens de *Verrucosisporites facierugosus*, *Reinschospora triangularis*, *Florinites junior*, *Punctatisporites sabulosus*, *Triquitrites bransonii* et *Cristatisporites solaris*, et le début de l'épibole de *Convolutispora florida*.

Il s'agit de la zone d'assemblage **NG** (*nobilis-globiformis*) correspondant au Westphalien B moyen et supérieur et à la base du Westphalien C. La base de cette zone d'assemblage peut se situer au niveau des couches 13-14 à cause de l'apparition de *F. junior* et le début de l'épibole de *E. globiformis*, mais quelques spécimens de *M. nobilis* et de *P. sabulosus* ont été vus plus bas et *Vestispora magna* est absent.

Radiiizonates faunus et *Cristatisporites solaris* restent rares tandis que *D. falsus*, *A. guericki*, *C. connexus* et *Savitrisporites nux* sont encore présents: on se trouve donc vraisemblablement encore dans la partie inférieure de cette zone d'assemblage.

3.4.3. MIOSPOREN DETRIETISCHE GESTEENTEN EN PALYNOFACIES

39 monsters van siliciclastische gesteenten waarvan de spreiding is weergegeven op Fig. 17 werden bij de Dienst Paleontologie van de Universiteit Luik onderzocht op hun palynomorfen en palynofacies, statistisch geanalyseerd in relatie met de macroflora en het paleomilieu (Hardy, 1992, 1993).

De voornaamste conclusies van deze uitgebreide studie kunnen als volgt samengevat worden:

- transport en vermenging van miosporen en organisch materiaal door het fluviatiel systeem; homogenisering bevordert door een egale densiteit van de meeste miosporen
- om deze reden bestaat er geen duidelijke correlatie tussen miosporen-soorten en de verschillende detrietische afzettingmilieus
- de dominante rol van het lithofacies (energie-inhoud van het sediment en korrelgrootteverdeling) op de laterale verdeling van allochtone miosporen en ander organisch materiaal; echter nauwelijks differentiële sortering van de miosporen-soorten naargelang de korrelgrootte-sortering van het siliciclastisch sediment
- limnische afzettingen bevatten daarentegen een duidelijk afwijkend palynofacies, gekenmerkt door een hoge concentratie aan humeuze partikels en weinig zwarte en bruine koolresten; de macroflora die in dit milieu wordt teruggevonden is slecht bewaard en weinig gediversifieerd, met uitzondering van *Lepidodendron*, een plantengroep van overstromingsvlakten met wisselend hoge waterstanden
- de basislaag van sommige limnische afzettingen, op het contact met de onderliggende koollaag, bezit een licht afwijkend palynofacies gekenmerkt door een hoog aandeel van amorfe partikels en van miosporen. Autochtone miosporen uit het overstroomde moeras zijn hierin overwegend (het mechanisme voor de vorming van dit palynofacies wordt verklaard in Hardy, 1993 - Fig. 17)
- droogvallende overstromingsvlakten en oeverwallen bezitten geen typisch palynofacies, alhoewel de macroflora zeer gediversifieerd is, en vermoedelijk verschillende deel-biotopen bevat
- afname van hoeveelheid miosporen met de vergroving van het sediment, typisch voor geulopvullingen, tegenover een proportionele toename van zwarte en bruine koolresten die erg variabele afmetingen kunnen bezitten. *Florinites*, pollen van *Cordaites* boomsoorten bezitten in dit afzettingmilieu hun grootste punctuele verspreiding hetgeen wijst op het voorkomen van *Cordaites* stroomopwaarts langs rivieren
- beperkte remaniëring van palynomorfen: acritarchen van de grens tussen Onder en Boven Famenniaan en *Retispora lepidophyta* typisch voor het Struniaan en verdwijnend aan de Devoon/Karboon grens. Als mogelijke verklaring voor

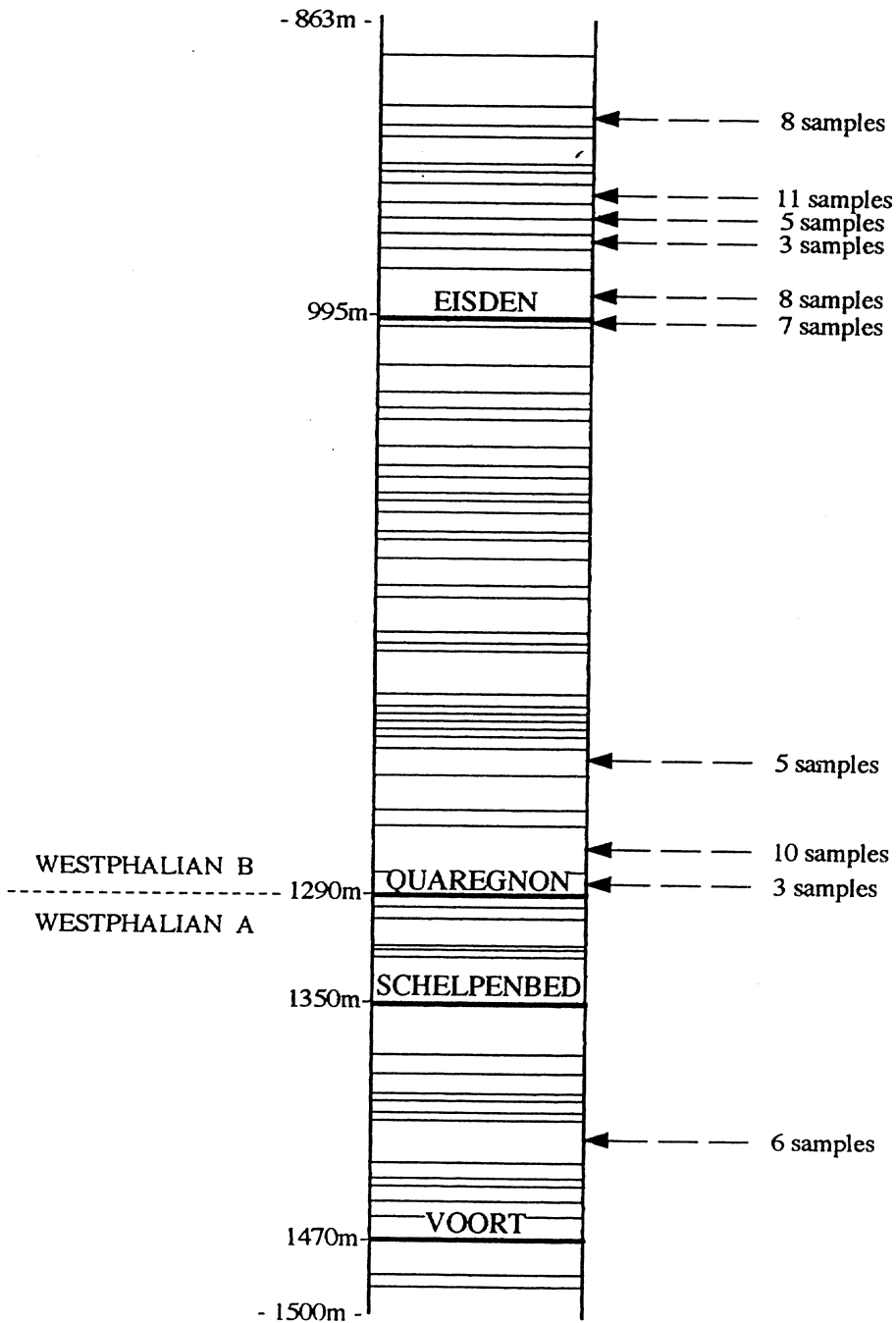


Fig. 17. Voorkomen van koollagen en palynologische bemonstering van siliciklastische sedimenten in boring KB174 (uit Hardy, 1993: Fig. 5)

- 1)	Swamp deposits - On the upper part of the water table, degradation of organic matter from the peat-forming plant communities. - Their associated miospores are : <i>Densosporites</i> ssp., <i>Lycospora</i> ssp., <i>Laevigatosporites</i> ssp.. - <i>Densosporites</i> ssp. is the most abundant miospore if the peat-bog has reached its mature state.
- 2)	Flooding - Fresh water swamp, probably rich in degraded organic substances, is suddenly mixed with water of a different pH. - The polycondensation sequence in which amorphous (humic) substances are formed occurs rapidly under these conditions (Huc, 1980). - Amorphous matter could be formed from swamp degraded organic matters. - A more general model has been proposed by Scott & Collinson (1983) : organic matter from the coal-forming plants could be incorporated in detrital sediments after flooding.
- 3)	Lake bottom siliciclastic deposit directly above coal-beds (BL*) - Sedimentation of amorphous matter and miospores (<i>Densosporites</i> ssp., <i>Lycospora</i> ssp., <i>Laevigatosporites</i> ssp.) probably have a swamp origin. - Sedimentation of allochthonous organic remains and miospore taxa coming from either at the flooding time or from fluvial input.
- 4)	Lake bottom siliciclastic deposit - Allochthonous fluvial inputs has become prominent in the palynofacies. - Palynofacies content : abundant black and brown remains, every miospore taxa, few amorphous matter.
- 5)	Delta lake coarsening upward sequence - Allochthonous fluvial inputs is prominent in palynofacies. - Palynofacies content : abundant black and brown remains, every miospore taxa, rare amorphous matter.

<i>Densosporites</i> ssp.	
<i>Lycospora</i> ssp.	
<i>Laevigatosporites</i> ssp.	
Miospore taxa	
Swamp degraded organic substances	
Amorphous matter	
Black and brown remains	

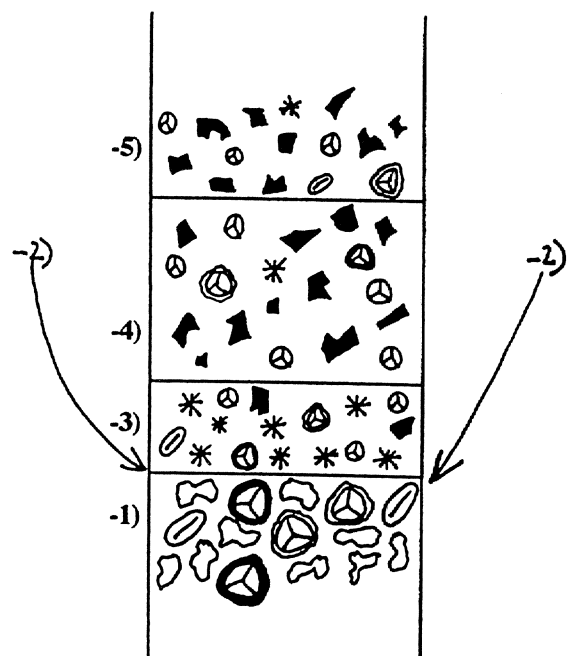


Fig. 18. Mogelijke verklaring voor afwijkend palynofacies aan basis van limnische afzetting bovenop koollagen ('bottom lake deposits directly above coal beds') volgens Hardy, 1993 p.32.

Couche / Laagnummer	3	7	9	10	13	14	16	17	19	25	27	28	29	30	33	34	36	38	40	41	43	45	46	48	51	52	54	
Laevigatisporites glabratus	5		1		2		18	1	4		2					2	1	1		3		4	4		3		16	
Tuberculatisporites mamillarius	2	1	15	3	8	1	13	12	14	2	7	1	4	1		1		6	2			10	6	2	3	18	10	
Lagenicula subpilosa				3		2	1				4						1			2	1						1	
Lagenosporites rugosus		2	3	1	2	4	4	1	6	5			3			3	7										2	
Setosisporites hirsutus	4						3	9	5	1	4		2	3		8		1	4	4		20	2			2	2	
Setosisporites praetextus															4										2		3	
Valvisporites westphaliensis			1		1							1	1				2										1	
Valvisporites nigrozonalis																											1	1
Valvisporites augustae											4																	
Bentzisorites tricollinus	4			1												1											1	
Zonalesporites brasserti	3											5	1	7	2	3		3	4	1	2			1	75	2	27	
Triangulatisporites triangulatus	3				1				1	2		4									1							
Zonalesporites superbus														1						1								
Rotatisporites dentatus						4	3					10		1	15	8			8	1	2	13	6	32	15			
Cystosporites varius									8		3			1			1					1				1		
Cystosporites giganteus			1	1				1			2									1		1					1	
Mégasporés/10 g charbon	21	3	21	9	14	7	43	27	38	10	26	21	11	14	21	26	12	12	18	13	5	49	18	35	98	27	60	

Tabel 4. Megasporen in de koollagen van boring KB174 (onderzoek P. Piérart)

de remaniëring wordt een vroegtijdige asturische opheffing van het hinterland (Eifel?) vooropgesteld (Streef & Bless, 1980). De verticale verspreiding van een aantal palynomorfen is onvoldoende gekend om de reële omvang van remaniëring correct te bepalen.

3.4.4. MEGASPOREN (P. Piérart)

Megasporen werden geselecteerd uit de monsters voor steenkoolanalyses en bestudeerd aan de Universitaire Instelling Bergen. De verticale verspreiding van de herkende soorten is weergegeven op tabel 4 en volgt de zonatie voorgesteld in Paproth et al, 1983. Het is evenwel niet mogelijk biostratigrafische conclusies te trekken uit de verspreidingstabel.

3.4.5. NIET-MARIENE SCHELLEN

Niet-mariene schellen komen voor in een beperkt aantal lagen en banden, vooral in het dak van de koollagen gelegen. Drie assemblages komen voor in de doorboorde Westphaliaan A/B sequentie, goed vergelijkbaar met de standaardzonatie van Calver (1956) en de toepassing ervan in de Belgische steenkoolbakkens (Paproth et al., 1983):

- een boven Westphaliaan A assemblage gekenmerkt door *Carbonicola ex gr. cristagalli-oslancis* en overeenkomend met het onderste deel van de Onder Modiolaris Zone,
- een Onder Westphaliaan B assemblage gekenmerkt door *Anthracosia ex gr. ovum-phrygiana* en overeenkomend met het bovenste deel van de Onder Modiolaris Zone,
- een 'midden' Westphaliaan B assemblage gekenmerkt door *Anthracosia ex gr. caledonica* en overeenkomend met de onderste helft van de Onder Similis-Pulchra Zone.

De assemblage gekenmerkt door *Carbonicola ex gr. cristagalli-oslancis* werd herkend tussen 1433.65 en 1333.65 m met als top de 'Schellenbed' horizon boven koollaag KS57/2. De assemblage gekenmerkt door *Anthracosia ex gr. ovum-phrygiana* werd herkend boven 1221.40 m (met een geïsoleerd voorkomen van *A. cf. ovum* op 1275.00 m). De assemblage gekenmerkt door *Anthracosia ex gr. caledonica* werd herkend boven 1072.60 m, tussen de koollagen KS44 en KS43 (Paproth et al., 1996) - (Bijlage 5).

3.5. SEDIMENTOLOGIE

De Westphaliaan afzettingen in de Kempen zijn gevormd in een fluviatiele delta, overgaand van 'lower' naar 'upper delta plain' rond de Westphaliaan A/B grens (Banks et al., 1989; Dreesen et al., 1995). Lithofacies en paleoecologie werden in boring KB174 bestudeerd door Hardy (1992,1993) op basis van de afzettingmilieus beschreven in van Amerom & Pagnier (1990), en door Paproth et al. (1996) die met inachtneming van lithofacies, natuurlijke gammastraling en paleoecologie 4 paleomilieus "a"- "d" onderscheidde:

"a" niet-mariene overstromingsvlakte, rivieren en meren, ontwikkeld volgens autocyclisch patroon door fluviatiele sedimentatiedynamiek. Overstromingsvlakten gekenmerkt door opwaarts verfijnende siltsteen en siltige kleisteen lagen met siderietknollen; geulen en crevasse splays gekenmerkt door fijn tot middelmatige zandsteen wiggen en -platen; meerafzettingen gekenmerkt door donkergekleurde organisch-rijke gelamineerde silthoudende kleisteen met siderietlenzen en silt/zandaanrijking door zoetwaterdelta's. Fossielen omvatten zoetwaterschellen, eenvoudige bioturbaties, vissen, *Carbonita*, *Spirorbis*.

"b" brakwater-overstromingsvlakte in verbinding met een (verafgelegen) zee. Sedimentoorsprong blijft identiek met de zoetwatermeerafzettingen, maar stagnerend water kan leiden tot anoxische bodemomstandigheden (zwarte kleisteen met doffe en framboïdale pyriet). Fossielen omvatten *Naiadites*, *Anthraconaia*, *Geisina*, *Planolites montanus*.

"c" euryhalien milieus op het hoogtepunt van de zeespiegelrijzing, enkel herkend door gidsfossielen aangezien geen marien sediment werd aangevoerd: de ichnofossielen *Planolites ophthalmoides*, *Cochlichnus kochi*, vertakte pyrietische graafgangen, de phyllopoede *Palaeostheria*, en de ostracode *Paraparchites*.

"d" kolenwoud met wortelbodems, relatief dun onder de vorm van gecompacteerd sediment, maar grotere sedimentdiktes bereikend in zones van opsplitsing van koollagen. Met plantenfossielen.

Deze paleomilieus wisselen af in een cyclische opeenvolging, overeenkomend met relatieve zeespiegelschommelingen. In feite ontstaan cyclische variaties in afzettingmilieu door de interactie van twee factoren: de dynamiek van een fluviatiel milieu, gekenmerkt door voortdurende opvulling en verlegging van riviergeulen en aangroei en afsterven van het vegetatiekleed, en zeespiegelschommelingen van glacio-eustatische oorsprong. De fluviatiele dynamiek leidt tot

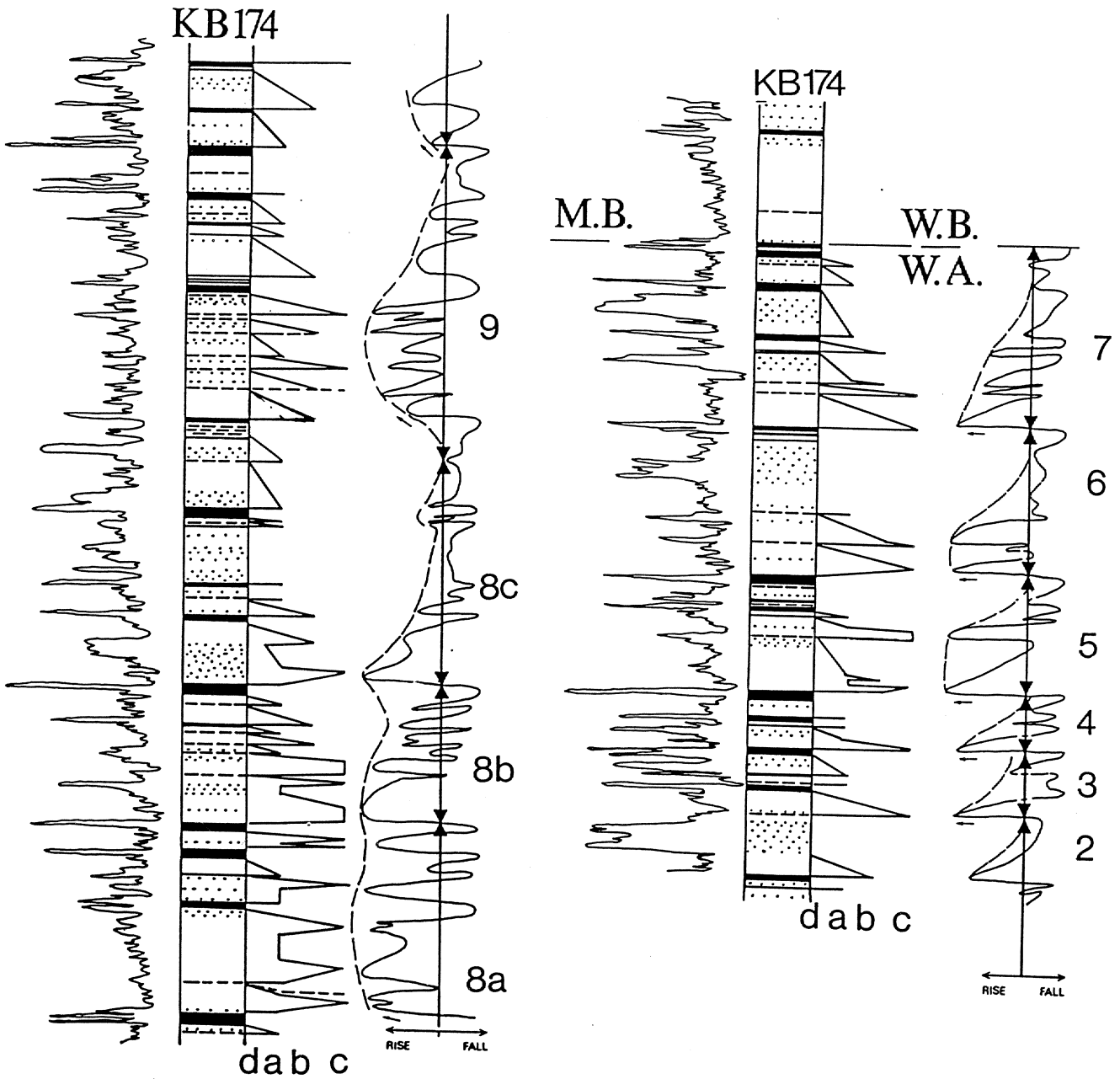


Fig. 19. Boring KB174, Westphaliaan A en Onder Westphaliaan B: vereenvoudigde lithologische sequentie, met aanduiding van koollagen, wortelbodems en zandsteenbanken, natuurlijke gammastraling (links van litholog; bereik 25-175 API), paleomilieus gebaseerd op de fauna (rechts van litholog; d = kolenwoud, a = overstromingsvlakte, b = brak, c = euryhalien) en relatieve zeespiegelstand (daling naar rechts, stijging naar links) als begrenzing van basiscycli en parasequenties (uit Paproth et al., 1996).

kleine basis-cycli van de vijfde orde, met een gemiddelde dikte van 7 meter (na compactie); de zeespiegelschommelingen gaan deze cycli overprinten in grotere parasequenties met een gemiddelde dikte van 60 meter (vierde orde) en 500 meter (derde orde megasequenties, begrensd door de belangrijkste mariene horizonten). De meest marien beïnvloede milieus komen overeen met de hoogste waterstand, sensu Hallam, niet noodzakelijk met de maximale transgressie, sensu Vail. Opvallend in deze boring is het groot aantal niveaus met paleoecologische indicatoren voor brakwater, dit in tegenstelling met bijvoorbeeld boring KB206 Peer. Anderzijds zijn de indicatoren voor zuiver mariene omstandigheden beperkt, zelfs in de zg. mariene horizonten.

Een volledige cyclus "a-b-c-b-a-d" komt hoogst zelden voor. Daarenboven zijn de paleoecologische indicatoren niet steeds voorhanden, met name in het Westphaliaan B, gekenmerkt door een zandiger lithofacies. De "a-b-c" successie, kenmerkend voor een transgressiefase, wordt zelden teruggevonden omwille van de snelheid waarmee transgressies vooruitschrijden. Daarenboven blijven zeer veel cycli in de niet-mariene fase, met vorming van "a-d" cycli. Deze meestal onvolledige, hoge frequentie vijfde-orde cycli kunnen gegroepeerd worden in vierde-orde cycli met opwaarts vergroevende of verfijnende trends. Zodoende ontstaan complexe cycli, waarbij een combinatie van sedimentologische en ecologische factoren leiden tot een curve met relatieve zeespiegelstand (Paproth et al., 1996)-(Fig. 19).

In boring KB174 werden de volgende **complexe cycli** onderscheiden, met als bovengrens een koollaag of wortelbodem:

- interval tussen koollagen KS74 en KS70/3, waarvan enkel de bovenste helft in boring KB174 aangeboord is (dikte 52 m in boring KB206)
- interval KS70/3 - KS70; dikte 20 m
- interval KS70 - KS66-68; dikte 18 m
- interval KS66-68 - KS61-62; dikte 36 m
- interval KS61-62 - KS58; dikte 53 m
- interval KS58 - KS51; dikte 57 m
- interval KS51 (basis Mariene Horizont van Quaregnon) - KS45+2; dikte 175 m
 - deelinterval KS51 - KS50+1; dikte 60 m
 - deelinterval KS50+1 - KS48; dikte 44 m
 - deelinterval KS48 - KS45+2; dikte 71 m
- interval KS45+2 (Wijshagen Horizon) - KS39; dikte 72 m
- interval KS39 - KS32; dikte 120 m
- interval KS32 - KS29b; dikte min. 31 m.

3.6. KOOLWATERSTOF-POTENTIEEL

3.6.1. ROCKEVAL ANALYSES

De overwegend kleiige en silthoudende sedimenten uit het dak van de koollagen werden over gans het traject van boring KB174 aan een Rockeval analyse onderworpen bij Labofina voor een karakterisatie van het potentieel als moedergesteente voor olie- en gasgeneratie van het organisch materiaal of kerogeen (Tabel 5) - (methode in Espitalie et al, 1977).

De volgende metingen werden verricht:

- S1, of vrije koolwaterstoffen
- S2, of koolwaterstoffen geproduceerd door pyrolyse van het kerogeen;
- S3, of organisch CO₂ uit de pyrolyse van het kerogeen;
- T_{max}, of oven temperatuur bij de piek van S2 productie;
- T.O.C., of totaal organisch koolstof.

Uit deze meetwaarden kan het type kerogeen en het koolwaterstofpotentiaal worden afgeleid (verhouding 'Hydrogen Index, H.I. = S2/T.O.C.' tot 'Oxygen Index = O.I. = S3/T.O.C.'), evenals de thermische evolutie (relatie T_{max} - vitrinireflectiviteit) en de aanwezigheid van gemigreerde koolwaterstoffen (Productiviteitsindex, P.I. = S1/S1+S2).

De karakterisatie van de verschillende kerogeentypes is gebaseerd op de atomaire verhoudingen van de voornaamste componenten (H, O, C) weergegeven als H/C en O/C verhoudingen in de Van Krevelen-diagrammen. Plantaardig materiaal van continentale oorsprong, zoals typisch voorkomt in het Steenkoolterrein karakteriseert type III kerogenen, met lage H/C en hoge O/C verhouding; mariene algen karakteriseren type I kerogenen, met hoge H/C en lage O/C verhouding; type II kerogenen, met hoge H/C en gemiddelde O/C verhouding, ontstaan uit moeder materiaal met intermediaire samenstelling, maar met een hoog potentiaal voor de generatie van koolwaterstoffen.

dak laag	diepte	S1	S2	S3	S2/S3	Tmax	TOC	HI	OI	Prod.
2	869,0	0,10	2,82	0,17	16,6	436	1,47	192	12	0,03
5	901,3	0,12	1,19	1,01	1,2	433	0,83	143	122	0,09
6	916,5	1,64	57,96	0,95	61,0	424	12,12	478	8	0,03
7	919,7	0,13	4,21	0,86	4,9	439	3,01	140	29	0,03
9	937,5	0,14	0,85	0,86	1,0	436	0,67	127	128	0,14
10	944,2	0,15	3,11	1,86	1,7	434	1,72	181	108	0,05
11	952,1	0,09	0,85	0,96	0,9	433	0,83	102	116	0,10
12	959,6	0,16	4,56	0,43	10,6	438	2,20	207	20	0,03
14	984,3	0,22	1,76	1,40	1,3	435	1,45	121	97	0,11
14	995,6	0,10	5,03	0,10	50,3	442	1,49	338	7	0,02
15	1009,3	0,10	0,90	0,83	1,1	437	0,76	118	109	0,10
16	1021,1	0,16	4,45	0,20	22,3	439	2,55	175	8	0,03
18	1044,8	0,10	1,04	0,33	3,2	439	1,08	96	31	0,09
19	1061,5	0,16	1,46	0,80	1,8	438	0,95	154	84	0,10
21	1078,9	3,71	28,53	0,62	46,0	434	9,65	296	6	0,12
22	1085,5	0,14	1,03	0,21	4,9	438	0,87	118	24	0,12
23	1090,1	0,16	1,20	0,77	1,6	436	0,84	143	92	0,12
24	1096,4	2,02	20,66	0,34	60,8	435	8,49	243	4	0,09
25	1106,4	0,12	2,23	2,16	1,0	435	1,94	115	111	0,05
25b	1111,9	0,30	7,23	0,17	42,5	440	4,40	164	4	0,04
27	1128,8	0,17	0,83	0,28	3,0	439	0,78	106	36	0,17
27	1133,6	0,08	1,56	1,01	1,5	437	1,32	118	77	0,05
29	1166,3	0,25	4,22	0,90	4,7	437	2,33	181	39	0,06
29	1168,3	0,07	1,11	2,66	0,4	439	1,14	97	233	0,06
30	1190,1	0,07	1,06	1,02	1,0	440	0,87	122	117	0,06
31	1195,1	0,64	15,91	1,82	8,7	432	7,33	217	25	0,04
32c	1204,1	0,13	1,86	5,96	0,3	440	1,51	123	395	0,07
33	1221,8	0,13	1,37	0,22	6,2	440	0,94	146	23	0,09
33	1233,9	0,11	2,52	0,14	18,0	443	1,91	132	7	0,04
34	1241,9	0,05	0,57	0,11	5,2	437	0,68	84	16	0,08
36	1258,1	0,16	3,58	0,27	13,3	441	1,99	180	14	0,04
37	1278,6	0,07	0,90	0,54	1,7	443	0,74	122	73	0,07
37	1282,3	0,18	2,25	0,57	3,9	443	1,15	196	50	0,07
38	1293,5	0,06	0,57	0,16	3,6	441	0,57	100	28	0,10
40	1305,5	0,13	2,07	0,50	4,1	442	1,41	147	35	0,06
41	1321,5	0,04	0,32	1,10	0,3	444	0,55	58	200	0,11
41b	1326,2	0,07	1,00	1,11	0,9	442	1,12	89	99	0,07
44cc	1381,5	13,46	28,24	0,94	30,0	448	16,25	174	6	0,32
46	1405,1	1,25	33,57	0,20	167,9	445	11,01	305	2	0,04
47	1409,4	0,16	4,24	0,33	12,8	445	2,49	170	13	0,04
48	1433,6	1,12	20,63	0,16	128,9	448	8,94	231	2	0,05
50	1444,0	0,84	10,06	0,14	71,9	450	6,20	162	2	0,08
51	1451,6	0,13	1,17	0,18	6,5	451	1,25	94	14	0,10
52a	1459,2	3,23	30,07	0,28	107,4	446	13,36	225	2	0,10
53	1471,3	0,15	0,98	0,06	16,3	450	1,12	88	5	0,13
54a	1490,8	2,28	35,71	0,56	63,8	453	16,72	214	3	0,06
54b	1494,5	0,94	15,29	0,12	127,4	452	8,18	187	1	0,06

Tabel 5. Rockeval analyses op kleisteen-siltsteen daken van koollagen (Labofina)

Een Rockeval onderzoek in de boring Meer (Antwerpse Noorderkempen) leverde uitsluitend type III kerogenen op (Vandenbergh et al., 1988). Ook elders in het Steenkoolterrein werd dergelijk resultaat verwacht, met uitzondering van een specifieke lithologie, namelijk sterk bitumineuze kleistenen tot cannel coal, rijk aan organisch materiaal van limnische oorsprong en wasrijke palynomorfen (cf. maturiteitsstudies door Labofina in de Paleozoische formaties van het Kempisch bekken). De resultaten van de Rockeval analyse voor boring KB174 zijn daarentegen onverwacht: het aandeel van type-II kerogenen is doorlopend over het gehele interval opvallend hoog, zelfs bij normale gehalten aan organisch materiaal van 0.5 tot 2.5% (Fig. 20). Normaal werden dergelijke resultaten alleen verwacht in specifieke afzettingmilieus zoals mariene niveaus, waar meermaals koolwaterstofgeneratie met blijvende asfaltsporen, te samen met Uranium-aanrijking in het organisch materiaal werden vastgesteld (cf. Rabitz & Wolf, 1967 voor mariene horizont van Katharina = Quaregnon in het Ruhrkarboon). De hoogste H.I. waarde in boring KB174 werd zelfs vastgesteld in het dak van laag 6 (overeenkomend met koollaag KS33) dat bestaat uit een siltsteen-zandsteen afwisseling met plantenhaksel en drijfhout, typisch voor een proximal crevasse splay. Mariene horizonten daarentegen tekenen zich niet af bij Rockeval analyse in boring KB174, evenmin als bij Uranium-analyse (cf. infra).

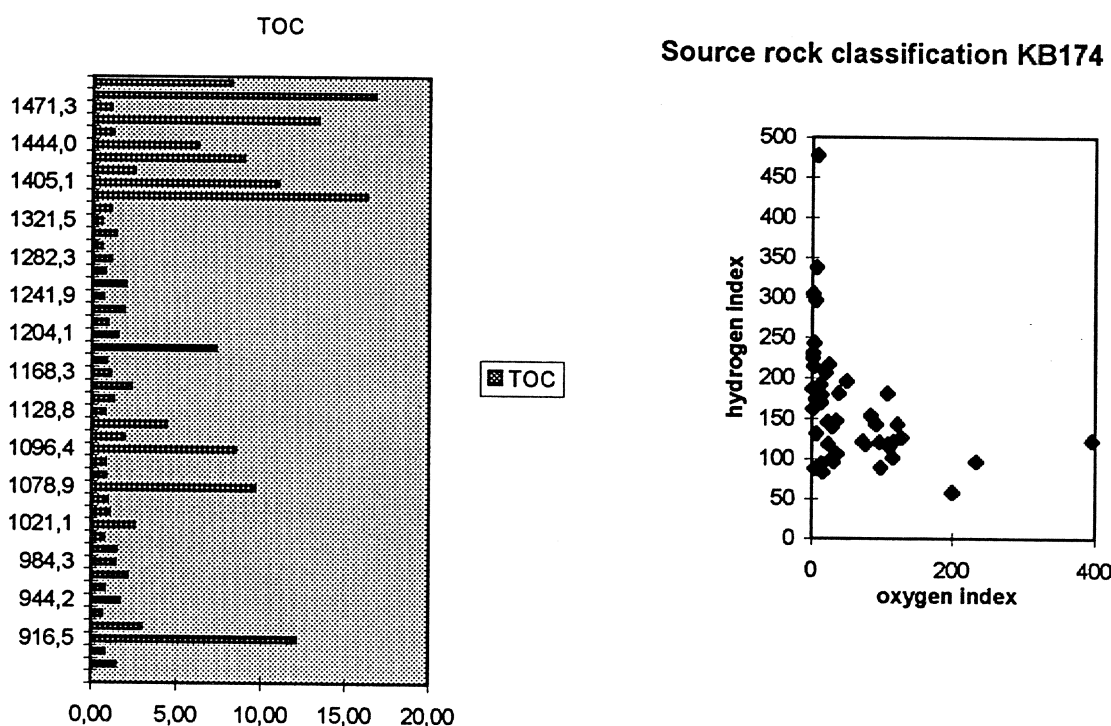


Fig. 20. Distributie organisch gehalte (% T.O.C.) van geteste kleisteen-siltsteenlagen tegenover diepte. Kerogeen-classificatie in een Hydrogen Index (H.I. = mg HC/g org. C) / Oxygen index (O.I. = mg CO/g org. C) diagram.

Een mogelijk verklaring ligt in de geringe inkoling van deze lagen, die zich aan het begin van het olievenster bevinden (T_{max} toenemend met de diepte van min. 424° tot max. 452°C voor vitrinireflectiviteiten van 0.68 tot 0.97%, cf. 5.2.2): zuurstof reeds ten dele geëlimineerd door ontwatering en CO, generatie, waterstof gehalte hooggebleven omdat generatie van koolwaterstoffen pas een aanvang genomen heeft (Vandenbroucke, Bordenave & Durand, 1993). Deze situatie komt vermoedelijk ook voor in overeenkomstige lagen van het aangrenzende gebied; getuige daarvan een oil-show in boring KB118 te Leopoldsburg, zie nota Legrand & Delmer in annex).

De begravingsgeschiedenis en inkolingsevolutie voor boring KB174 tonen aan dat maximale begraving en inkoling reeds bereikt werden voor het einde van het Karboon. Gesimuleerde maximale temperaturen bereiken een waarde van 110-130 °C bij warmtestroming van 85mW/m². Ten gevolge van latere opheffingsperiodes kan een relatieve onderverzadiging aan CO, en koolwaterstoffen in het Karboon verondersteld worden (Van Keer et al., 1997).

3.6.2. SPECTRAALMETINGEN

Spectraal analyse (op basis van Dresser-Atlas Spectralog) levert voor Karboon en Permo-Trias dezelfde Uranium, Thorium, Kalium verhoudingen op, hetgeen wijst op een overeenkomstige kleimineralogie, weliswaar met hogere kleigehaltes in het Karboon. Verschillende tendenzen in U/K en Th/K verhouding in zandstenen zou kunnen wijzen op een klein onderscheid in permeabiliteit en diagenesegeschiedenis: Uranium aanrijking in zuivere zandsteen, die later door cementatie eveneens zijn permeabiliteit verloren heeft.

Echte anomalieën werden niet aangetroffen. Verhoogde Uraniumwaarden gaan meestal gekoppeld aan verhoogde Thoriumwaarden, en lijken niet te wijzen op specifieke bindingen met organisch materiaal (sowieso afwezig in Buntsandstein) of faciesopeenvolging, maar eerder op lichte wijzigingen in de associatie van kleimineralen (vermindering van illietgehalte). Er is geen correlatie met hogere zwavel- of asgehaltes in de koollagen, en evenmin, hetgeen wel opvallend is, met de mariene niveaus: noch Eisdien, noch Quaregnon zijn spectraal te onderscheiden.

4. STRUCTUUR

Boring KB174 werd ingeplant in het noordveld van de westelijke mijnstreek, waar het Steenkoolterrein weliswaar reeds door een pakket Permo-Trias is overdekt, maar vooraleer deze 'Rode Gesteenten' zodanig verdikken dat de top van het Steenkoolterrein onder de economische drempel belandt. Vanuit boring KB174 laten de in 1984 seismisch verkende structuren een goede aansluiting met het zuidelijk gelegen mijngebied toe.

Boring KB174 werd ongeveer 5 km ten W van het lineament van Donderslag ingeplant. Deze breuk- en flexuurzone vormt structureel gezien de grens tussen het oostelijk en het westelijk deel van het Kempisch steenkoolbekken. Kenmerkend voor het westelijk deel zijn een aantal belangrijke SW-hellende normaalbreuken die voorkomen vanaf het Donderslag lineament tot aan de breuk van Korspel. Deze breuken verlopen ongeveer NNW-SSE (cf. Figs. 1-2).

Een van deze normaalbreuken, de breuk van Helchteren, passeert 1100 m ten SW van boring KB174. Deze breuk, die op basis van de seismische campagne Leopoldsburg 1984 gedefinieerd werd (Langenaeker, 1987; breuk "a" in Rossa, 1987) heeft in de buurt van de boring een bedrag van 140 m in het Westphaliaan.

Ongeveer 600 m ten NE van boring KB174 komt een zone met meerdere parallelle opschuivingen voor, duidelijk te herkennen op het contact met de overliggende Permo-Trias sequentie. Deze voor het Kempisch bekken ongewone breukzone is te vervolgen van aan het lineament van Donderslag in de buurt van Peer-Linde tot net ten SW van Hechtel.

In de boring werden twee discordantievlakken doorsneden, nl. aan de basis van het Krijt op 729 m en aan de basis van het Permo-Trias op 847.50 m. Deze discordantievlakken zijn duidelijk waarneembaar op de seismische lijnen van de campagne Leopoldsburg 1984 (Fig. 12).

Op basis van de seismische gegevens (seismische lijnen 8401 en 8404) wordt een structurele helling van 11° naar het NNE verondersteld voor het Boven-Karboon. De strekking van deze lagen is N50W. Het basisvlak van het Permo-Trias heeft een iets minder steile helling, 10° naar het NE, en een strekking van N40W. Het basisvlak van het Krijt is onregelmatig in de buurt van boring KB174 en heeft een helling van minder dan 1° naar het N. De basis van het klastisch Tertiair verloopt regelmatiger met een helling van 1° naar het NE en een strekking van N65W. Op basis van de boorgatmetingen (dipmeter) werd een iets geringere helling vastgesteld in Permo-Trias en Karboon (vermindering 1 à 2° t.o.v. de seismische helling, te verklaren door de lichte afwijking van het boorgat t.o.v. de vertikale).

Het Permo-Trias wigt 1 km ten SW van boring KB174 uit, doch wordt ten SW van de breuk van Helchteren herhaald. Het bedrag van de breuk van Helchteren aan de basis van het Permo-Trias is vergelijkbaar met het bedrag in het Westphaliaan. Dit geeft aan dat de hoofdverplaatsing aan het breukvlak van Kimmerische ouderdom is, eerder dan van Asturische ouderdom, waarop reeds gewezen werd door Rossa (1987).

De jongste Westphaliaanlagen in boring KB174 bevinden zich stratigrafisch 149 m boven de mariene horizont Eisdien. Een vergelijkbare stratigrafische positie werd aangetroffen in boring KS38.2 (KB178), 3 km WNW-waarts gelegen. Het bedrag van de breuk van Helchteren, die zich tussen deze twee boringen bevindt, wordt aldus gecompenseerd door de structurele afhelling van het Westphaliaan naar het NE toe.

De positie van KB174 aan de opgestuwde kant van het Donderslag lineament en de geringe inkoling (cf. infra) pleiten voor een beperkte overdekking door laat-Karboon en zeker door laat-Trias tot Jura lagen, in vergelijking met het steenkoolveld gelegen ten oosten van het Donderslag lineament waar het Perm-Trias-Jura subsidentieregime meer overeenstemming zou vertonen met de Roermond Slenk maar de Kimmerische opheffing van het Massief van Brabant en de latere Krijt inversie verantwoordelijk zouden zijn voor de opruiming van het merendeel van deze sedimenten (Van Keer et al., 1997).

5. KOOLLAGEN

5.1. KOLENGEHALTE

In het Steenkoolterrein van boring KB174 (top 847.50 m, basis 1500.20 m; aangeboorde dikte 652.70 m) werden 54 opeenvolgend genummerde koollagen of wortelbodems ('lege beddingen') onderscheiden, vele ervan samengesteld met onzuiverheden en doorwortelde tussenschakelingen. In totaal werden 89 wortelbodems geteld, hetzij een per 7.3 m. De nummering is arbitrar en sequentieel per boring, zonder rekening te houden met correlaties van koollagen tussen verschillende boringen. Als enig criterium werd het gezamenlijk optreden van een dak en een vloer (wortelbodem) aangehouden (Fig. 13).

In Bijlage 6 wordt de lijst der koollagen gegeven, opgesplitst volgens de samenstelling in klassen, gaande van sterielen tot reinkool, zoals gebruikelijk in de mijnbouw en reeds toegepast bij vorige steenkoolverkenningboringen (cf. Duser et al., 1987a,b). De technische reserves (kooldikte > 60 cm of 2 voet) en de potentieel ontginbare koollagen (kooldikte > 90 cm of 3 voet, gewichts% kool/sterielen > 50%) zijn samengevat op tabellen 6-7 (cf. DNB, 1984).

Het totale **steenkoolgehalte** (zowel in technisch winbare lagen als dunne koolriffels) varieert slechts in beperkte mate in het Kempisch steenkoolbekken en bereikt voor boring KB174 een waarde van 5.5% (Tabel 8). Het totaal aantal koollagen (of eerder wortelbodems) varieert evenmin bijzonder veel, en is vooral afhankelijk van schommelingen in basispeil (zeestand), meer specifiek van de afstand tot mariene niveaus die voor langere tijd de ontwikkeling van vegetatiebodems kunnen onderdrukken (bijv. boven marien niveau van Quaregnon).

Opvallend is desondanks de toename in steenkoolrijkdom van Boven Westphaliaan B via Onder Westphaliaan B tot Boven Westphaliaan A. Deze vaststelling geldt reeds voor het totale steenkoolgehalte (van 4.28 tot 6.49%) en wordt nog versterkt wanneer enkel de technische of exploitierbare koollagen beschouwd worden.

De **technische steenkoolreserves** bedragen tot op einddiepte 36.71 miljoen ton per km², aanwezig in 24 lagen met een gemiddelde kooldikte van 113 cm (een relatief hoge waarde, overeenkomend met 75% van het totale kolengehalte of 4.17% van de totale dikte van het doorboorde Steenkoolterrein, oplopend van 2.64% in het Boven Westphaliaan B tot 5.35% in het Boven Westphaliaan A).

De potentieel **ontginbare steenkoolreserves** bedragen tot op einddiepte 22.23 miljoen ton per km², of 3.41 miljoen ton per km² en per dikteschijf van 100 m (een waarde die beter vergelijkingen toelaat aangezien zowel top als basis van het Steenkoolterrein van boring tot boring kunnen verschillen). Deze reserves zijn aanwezig in 13 lagen met een gemiddelde kooldikte van 127 cm (maximaal 170 cm). De gemiddelde waarde in het Westphaliaan B bedraagt 117 cm (over 10 lagen), in het Westphaliaan A liefst 158 cm (slechts 3 lagen). De gemiddelde dikte van potentieel ontginbare koollagen, met een cut-off van 90 cm, ligt niet veel boven die van de technische reserves, met een cut-off van 60 cm. De reden is dat voor potentieel ontginbare lagen een bijkomend criterium van zuiverheid is ingevoerd (min. 50 gewichts% kool in koollaag). Op deze wijze zijn een aantal bijzonder dikke, samengestelde doch onzuivere koollagen uit de rangschikking verdwenen.

45% van het totale steenkoolgehalte is aanwezig in potentieel ontginbare lagen (54% in het Onder Westphaliaan B, 33% in het Boven Westphaliaan A). Wanneer men de conventionele ontginbaarheidsdrempel van -1250 m in rekening brengt vallen de twee diepste, en dikke, Westphaliaan A koollagen weg zodat de tonnaam terugloopt tot 18.10 miljoen ton per km².

De steenkoolreserves van boring KB174 liggen boven het gemiddelde van het Kempisch steenkoolbekken, zelfs zo'n 30% boven het gemiddelde van de Beringen-Zolder-Noordvelden (Duser, Bouckaert & Verkaeren, 1991). Het kolenveld van de steenkoolontgassingsput te Peer-Linde (KB206) is evenwel nog 25 % rijker als KB174, en loopt op tot 4.5 miljoen ton per km² en per 100 m dikteschijf. Opvallend is wel dat de gemiddelde dikte van de koollagen vrijwel

constant blijft: 127 cm voor boring KB174, 122 cm voor de Beringen-Zolder-Noordvelden, 123 cm voor het gehele exploratiegebied in het Kempisch steenkoolbekken (daarentegen 148 cm voor boring KB206, cf. Wenselaers, Duser & van Tongeren, 1996).

laag	diepte TAW	opening	macht	vol %	gew %
7	851,72	112	73	65	53
9	870,10	168	116	69	57
10	876,48	128	101	79	69
13	901,20	115	102	89	82
16	953,78	146	143	98	97
17	967,71	102	94	92	88
19	997,37	485	218	45	32
19partim		186	128	69	56
25partim	1038,87	152	95	63	50
27	1067,16	143	139	97	95
28	1089,70	64	60	94	90
29	1100,05	81	81	100	100
30	1122,54	152	135	89	83
33	1165,52	76	76	100	100
34	1174,18	141	121	85	77
38	1226,87	239	167	70	58
40	1237,46	88	88	100	100
41	1253,18	76	76	100	100
43	1285,03	370	120	32	22
45	1330,14	168	160	95	91
46	1338,27	231	115	50	37
48	1366,17	161	146	91	85
51	1383,48	82	81	99	98
52	1394,40	428	126	29	20
54a	1425,76	101	86	85	77

Tabel 6. Technische reserves volgens World Energy Conference, 1978
lijst der koollagen (macht > 60 cm) bankrecht gecorrigeerd. Opening en macht in cm.
Vol % = verhouding macht/opening. Gew % = $macht * 1.35 + (opening - macht) * 2.3$

laag	KS nr	diepte TAW	opening	macht	% reinkool
9	32	870,10	168	116	55
10	33	876,48	128	101	61
13	36	901,20	115	102	82
16	39	953,78	146	143	79
17	40	967,71	102	94	89
19partim	43	997,37	186	128	42
25partim	44	1038,87	152	95	64
27	45b	1067,16	143	139	68
30	48a	1122,54	152	135	68
34	50	1174,18	141	121	69
38	51-52	1226,87	239	167	79
beneden 1250 m:					
45	61-62	1330,14	168	160	70
48	66-68	1366,17	161	146	93

Tabel 7. Potentieel ontginbare reserves: lijst der ontginbare koollagen volgens DNB norm
macht > 90 cm bankrecht gecorrigeerd, G > 50%, diepte max. 1250 m t.o.v. Oostende peil

	Karboon	Westphaliaan B	Westph. B sup	Westph. B inf	Westphaliaan A
dikte m	652,70	435,06	148,26	286,80	217,64
cum. kooldikte cm	3618	2205	634	1571	1413
vol. % macht	5,54	5,07	4,28	5,48	6,49
cum. opening cm	5261	2977	855	2122	2284
vol. % opening	8,06	6,84	5,77	7,4	10,49
cum. technisch	2719	1554	392	1162	1165
vol. % technisch	4,17	3,57	2,64	4,05	5,35
gem. macht technisch	113	111	98	116	117
cum. opening technisch	4009	2065	523	1542	1944
vol. % opening technisch	6,14	4,75	3,53	5,38	8,93
gem. opening technisch	167	148	131	154	194
aantal lagen technisch	24	14	4	10	10
tonnemaat technisch	36,71	20,98	5,29	15,69	15,73
tonnemaat per 100 m diepte	5,60	4,82	3,57	5,47	7,23
cum. ontginbaar	1647	1174	319	855	473
vol. % ontginbaar	2,52	2,70	2,15	2,98	2,17
gem. macht ontginbaar	127	117	106	122	158
cum. opening ontginbaar	2001	1433	411	1022	568
vol. % opening ontginbaar	3,07	3,29	2,77	3,56	2,61
gem. opening ontginbaar	154	143	137	146	189
aantal lagen ontginbaar	13	10	3	7	3
tonnemaat ontginbaar	22,23	15,85	4,31	11,54	6,39
tonnemaat per 100 m diepte	3,41	3,64	2,90	4,02	2,93
aantal lagen tot -1250 m	11	10	3	7	1
tonnemaat tot -1250 m	18,10	15,85	4,31	11,54	2,25

Tabel 8. Steenkoolgehalte, met opsplitsing naar stratigrafisch niveau (kooldikte of macht en opening in cm; tonnemaat in miljoen ton/km²)

5.2. STEENKOOLANALYSES

5.2.1. STEENKOOLKWALITEIT

Alle analyses werden uitgevoerd op het INIEX (nu ISSEP) te Luik volgens het schema uitgewerkt voor boring KB161 (Boonen, Duser & Somers, 1985) en toegepast voor alle volgende steenkoolverkenningborings van de BGD. De koollagen werden representatief bemonsterd. In totaal werden 27 monsters, afkomstig uit alle dikkere koollagen, geanalyseerd.

De volgende standaard-analyses werden uitgevoerd in overeenstemming met de in voege zijnde Belgische en/of internationale normen:

- proximaal analyse (vluchtige bestanddelen, as- en watergehalte) en gewichtsverdeling (Tabel 9)
- ultiemaat analyse (C, H, N, O) - (Tabel 10)
- zwavel, totaal en pyritisch (Tabel 11)
- calorisch vermogen, boven- en onderwaarde (Tabel 12)
- verkookingseigenschappen (zwellingsindex en dilatometrie volgens Audibert-Arnu) - (Tabel 13)
- vitrinietreflectiviteit en maceraalanalyse (Tabel 14)
- microlithotypen (Tabel 15)
- steenkoolclassificatie volgens UNECE 1956 en 1988 codes (Tabel 16)

De steenkoolkwaliteit hangt benevens de afzettingkenmerken voornamelijk af van de **inkolingsgraad** die varieert volgens de diepte en/of stratigrafische ouderdom. Van boven tot onder in de boring stelt men de volgende evolutie vast: vluchtige bestanddelen van 39-40% tot 32-33% (Fig. 21), koolstofgehalte van 80 tot 87% (Fig. 22), de bovenwaarde van het calorisch vermogen van 32.370 tot 35.340 kJ/kg (Fig. 23). De verkookingseigenschappen wijzen aan dat de aangeboorde steenkool niet echt geschikt is als cokeskool, al verbeteren de parameters met de diepte: zwellingsindex van 0 tot 4.5; dilatatie wordt in de onderste koollagen waargenomen maar blijft negatief.

De gemiddelde (willekeurige) vitrinietreflectiviteit (VRm%) neemt vrij regelmatig toe van 0.66 tot 0.97% (Fig. 24). Vitrinet is het belangrijkste bestanddeel van de **maceralen**, met een toenemend aandeel volgens toenemende diepte, van 43 tot 65 volume %; exiniet evolueert in tegengestelde zin van 36 tot 12 vol.%, terwijl inertiniet onregelmatig verdeeld is, tussen min. 11 en max. 36 vol.%. Clariet en trimaceriet zijn de meest algemene microlithotypen, terwijl liptiet zelden wordt waargenomen. Clariet vermindert wel van boven naar onder terwijl vitriet in tegengestelde zin toeneemt onder invloed van de inkoling. Andere microlithotypen variëren op een onregelmatige wijze, daar zij niet gebonden zijn aan de inkolingsnaam.

Het totale **zwavelgehalte** varieert van 0.54 tot 4.39% (of van 0.54 tot 1.77% met een gemiddelde van 0.99% indien men de koollaag 14 aan de basis van de Mariene Horizon van Eisden buiten beschouwing laat). Het aandeel van afscheidbare pyritische zwavel is betrekkelijk gering, van 0.01 tot 1.93% (of van 0.01 tot 0.59% wanneer men dezelfde koollaag 14 buiten beschouwing laat), met een gemiddelde van 0.19%. Hogere zwavelgehalten wijzen steeds op mariene beïnvloeding, in deze boring specifiek de Horizons van Eisden en Quaregnon (Veld & Fermont, 1990). De aard van het dak (klei of silt, floodplain of meer) beïnvloedt slechts in geringe mate het zwavelgehalte, alhoewel zandige daken een lager zwavelgehalte lijken op te leveren.

Het **asgehalte** varieert van 2 tot 21% met een gemiddelde van 8.9% hetgeen opvallend hoog is voor Kempische steenkolen. In overeenkomstige lagen van boring KB206 Peer werden asgehalten van 9 à 10% enkel aangetroffen in de sequentie onmiddellijk onder de Horizon van Quaregnon. In boring KB174 is dezelfde sequentie qua asgehalte niet afwijkend van de rest van de boring. Scheiding van steenkool en steriel op zware vloeistoffen leverde geen verlaging van het asgehalte tot beneden 10% op in 11 monsters.

Het relatief hoge asgehalte kan het resultaat van verschillende analyses beïnvloeden, vooral de verkookingseigenschappen en het gehalte aan vluchtige bestanddelen. De onregelmatige verdeling t.o.v. de diepte voor deze parameters wordt mede hierdoor verklaard. Het koolstofgehalte of het calorisch vermogen daarentegen worden minder door het hoge asgehalte beïnvloed. De maceraalsamenstelling, met het gehalte aan inertiniet, beïnvloedt eveneens het gehalte aan vluchtige bestanddelen (zie het contrast tussen lagen 14 en 16). Hoge asgehalten (> 9%) of mineraal % in de maceraalsamenstelling, hoge zwavelgehalten (> 1%), lage aandelen van reinkool t.o.v. onzuivere kool of van kool t.o.v. sterielen zijn elkaar versterkende factoren, al kan er geen duidelijke globale correlatie vastgesteld worden.

5.2.2. INKOLING

De inkolingsgradiënt wordt het best weergegeven door de vitriniet-reflectiviteit waarvan de waarde onafhankelijk is van het asgehalte en de maceraalsamenstelling, eerder dan door het gehalte aan vluchtige bestanddelen of het koolstofgehalte. Over het Steenkoolterrein varieert de reflectiviteit met 0.31%, hetgeen een gradiënt van 0.05% per 100 m vertegenwoordigt. Het gehalte aan vluchtige bestanddelen varieert met 7%, voor een gradiënt van 1.2% per 100 m dieptetoename.

De anomale inkolingswaarden, berekend volgens het gehalte aan vluchtige bestanddelen, in vergelijking met de gemeten reflectiviteiten, waren reeds Langenaeker (1992) opgevallen bij het opmaken van de inkolingskaarten van het Kempisch steenkoolbekken. Een eenduidige verklaring is hiervoor niet te geven, alhoewel een relatie met samenstelling en afzettingssomstandigheden bestaat (cf. 5.2.1).

In vergelijking met de stratigrafische positie van de koollagen is de inkoling zeer gering. Boring KB174 bevindt zich duidelijk aan de noordrand van het inkolingsminimum ten noorden van Beringen en Zolder (Langenaeker, 1992). Mogelijk heeft dit minimum te maken met de variscische schollentektoniek op het einde van het Karboon. Het inkolingsminimum ten noorden van Beringen-Zolder valt samen met de opgeheven kant van de synsedimentaire Donderslag breuk waarop minder laat-Karboon sedimenten kunnen afgezet zijn (of vroegtijdig geërodeerd) en de warmteflux lateraal afgeleid. Dit gebied wordt daarenboven gekenmerkt door een kanteling van de tektonische schol tussen de variscische tijd (zuidhelling) en de kimmerische tijd (noordhelling), waardoor de subsidentie tijdens het Perm-Trias-Jura zeker minder is geweest dan in het oostelijk steenkoolbekken, ten oosten van de Donderslag breuk. De kimmerische na-inkoling heeft dan ook geen rol kunnen spelen (zie ook Caers et al., 1996).

5.2.3. INTERNATIONALE CLASSIFICATIE

De koollagen kunnen globaal beschreven worden als "High Volatile Bituminous A" (ASTM, USA), gasvlamkool tot gaskool (Duitsland), of vlamkool volgens de Belgische classificatie (gehalte aan vluchtige bestanddelen boven 28% en zwellingsindex onder 6).

Naast de UNECE steenkoolclassificatie van 1956, gebaseerd op inkoling, calorisch vermogen en verkookeigenschappen, werd een nieuw "Système international de Codification pour les charbons de rangs moyen et supérieur" (EEC, aug. 1988) opgesteld, vooral gebaseerd op de koolpetrografie en toepasbaar op alle steenkolen van gelijk welke ouderdom, genese of afzettingssomstandigheden, uit geologische vindplaatsen of al dan niet gewassen productiekolen.

De nieuwe codering bestaat uit 14 cijfers volgens de volgende parameters (Tabel 17):

Vitrinetreflectiviteit (VRm%)	2 cijfers
Reflectogramkarakteristieken	1 cijfer
Maceraalsamenstelling	2 cijfers
Zwellingsindex (IG)	1 cijfer
Vluchtige bestanddelen (VM%)	2 cijfers
Asgehalte	2 cijfers
Totaal zwavelgehalte	2 cijfers
Bovenwaarde calorisch vermogen	2 cijfers

De klassering van de steenkolen uit boring KB174 volgens de UNECE codificaties van 1956 en 1988 wordt weergegeven in Tabel 16. De waarden toegekend aan de verschillende codecijfers zijn gebaseerd op de analyseresultaten die voor boring KB174 in tabelvorm zijn weergegeven. De code voor de reflectogramkarakteristieken kreeg steeds de waarde 0 op grond van de lognormaalverdeling met kleine standaarddeviatie (0.05-0.07).

De Westphaliaan B steenkolen behoren tot klasse VII-611 volgens de UNECE classificatie van 1956. De Westphaliaan A steenkolen zijn meer heterogeen, zoals ook vastgesteld voor boring KB206 Peer (Wenselaers et al., 1996), variërend van klasse VII-611 (KS58-61 onder het Schelpebed niveau) tot VIA-622, met 2 lagen in klasse VD-532/632 die voor verkookeing in aanmerking kunnen komen (KS56, KS68).

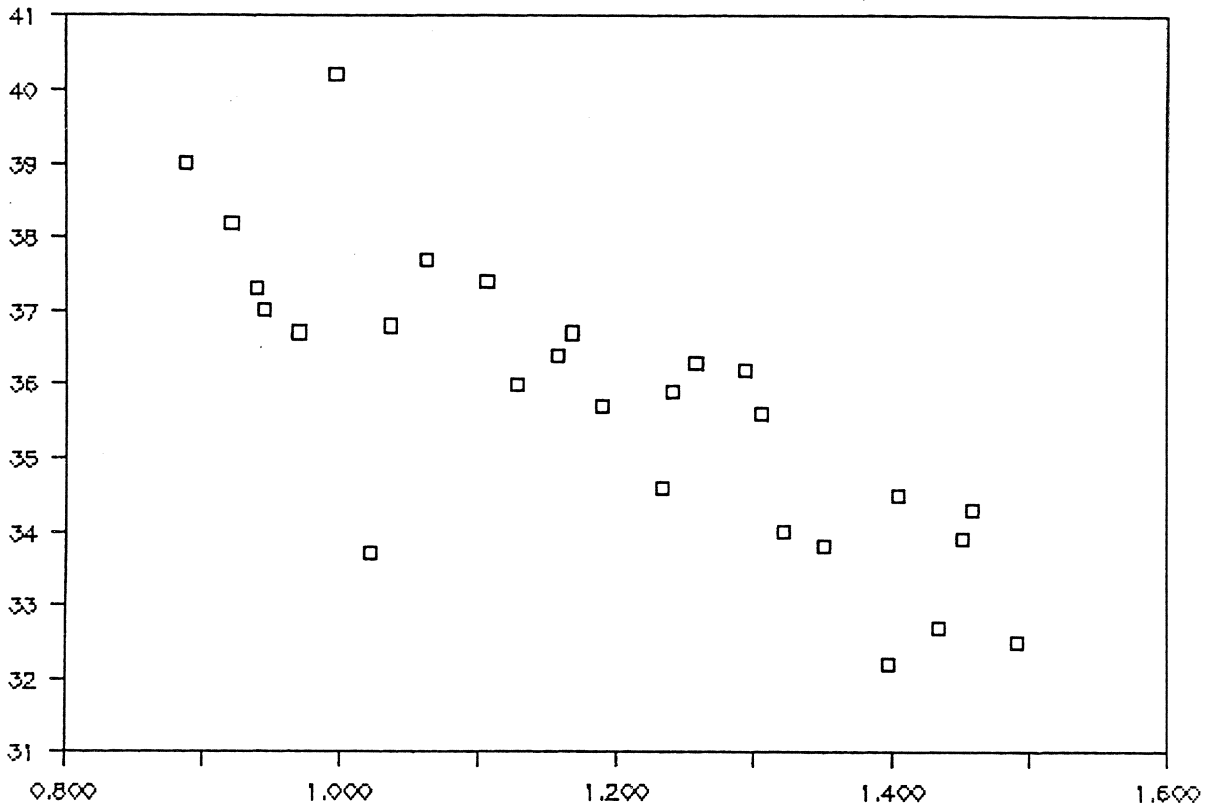


Fig. 21. Vertikale evolutie van het gehalte aan vluchtige bestanddelen (INIEX-ISSeP) (vertikaal %VM daf, horizontaal diepte)

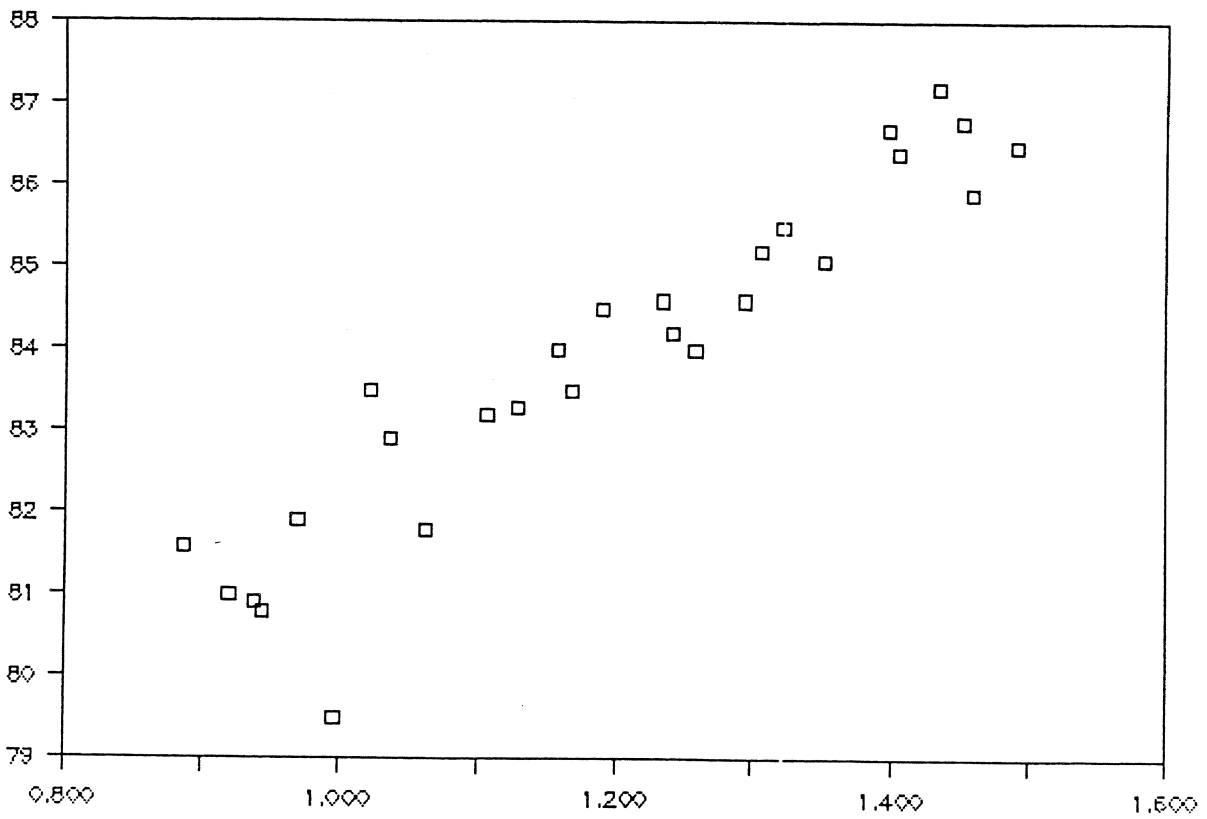


Fig. 22. Vertikale evolutie van het koolstofgehalte (INIEX-ISSeP) (vertikaal %C daf, horizontaal diepte)

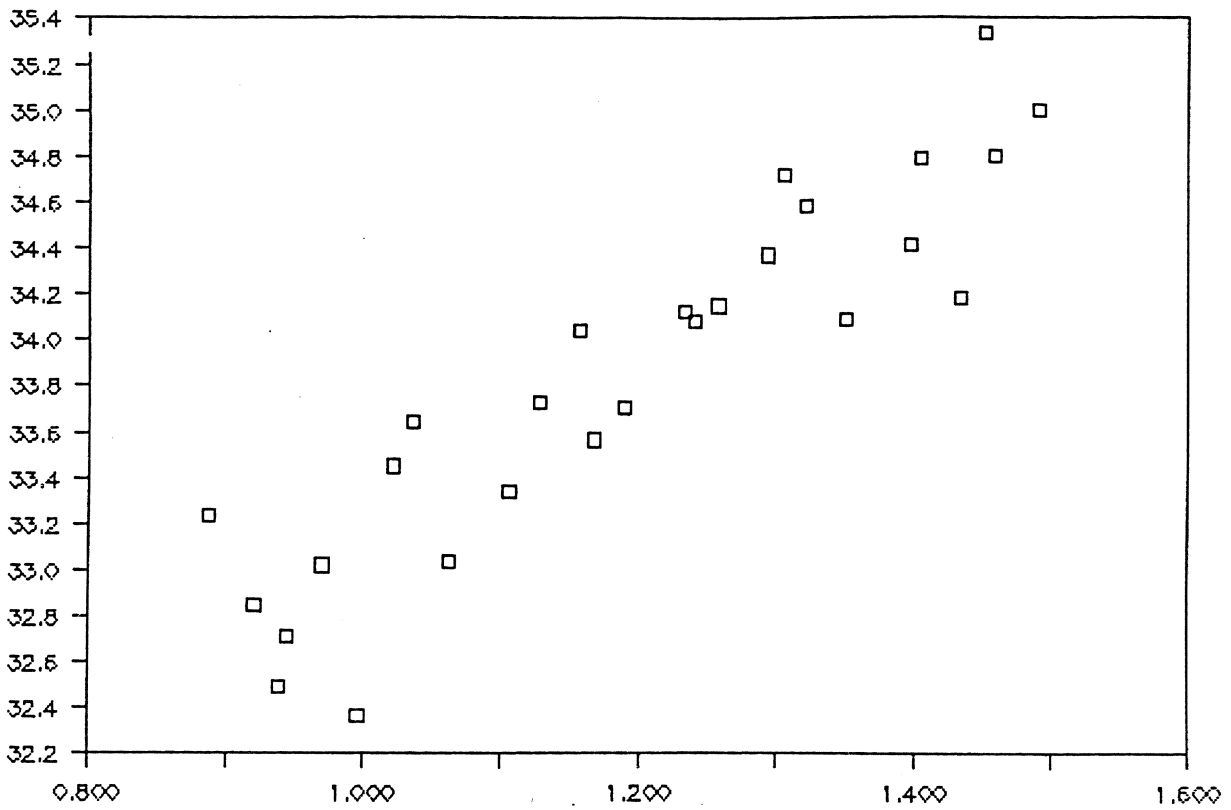


Fig. 23. Vertikale evolutie van de bovenwaarde van het calorisch vermogen (INIEX-ISSeP) (vertikaal calorisch vermogen bovenwaarde / daf als MJ/kg, horizontaal diepte)

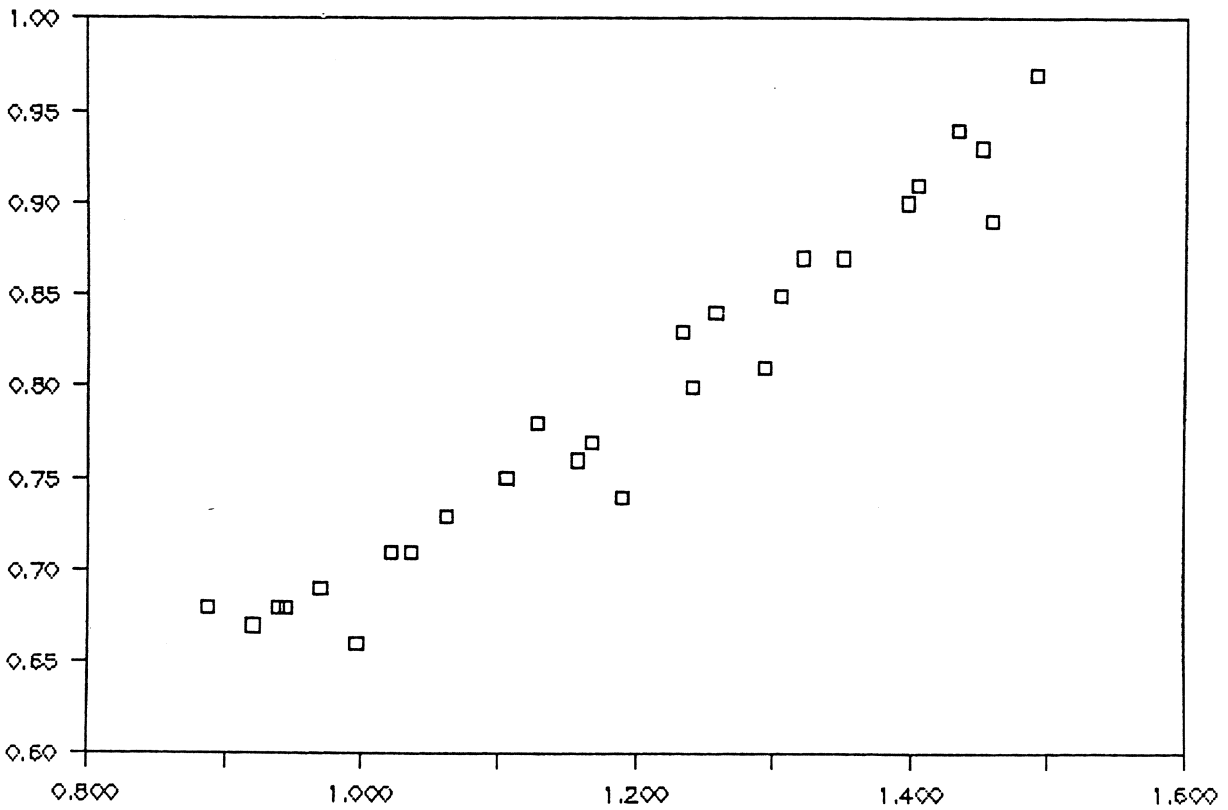


Fig. 24. Vertikale evolutie van vitriniereflectiviteit (INIEX-ISSeP) (vertikaal % Rm, horizontaal diepte)

laag	FL	Hé ad	As ad	As d	VM ad	VM d	VM daf
3	54,9	3,5	3,3	3,4	36,3	37,6	39,0
7	62,1	3,8	2,3	2,4	35,8	37,3	38,2
9	52,5	3,8	9,5	9,9	32,3	33,6	37,3
10	63,2	3,7	4,7	4,9	33,9	35,2	37,0
13	78,0	3,6	6,2	6,4	33,1	34,3	36,7
14	81,8	3,0	11,1	11,4	34,5	35,6	40,2
16	85,5	3,3	2,0	2,1	31,9	33,0	33,7
17	96,5	3,2	6,4	6,6	33,3	34,4	36,8
19	79,5	2,9	20,5	21,1	28,9	29,8	37,7
25	86,5	2,6	17,9	18,4	29,7	30,5	37,4
27	94,5	2,6	8,9	9,1	31,8	32,7	36,0
28	87,5	2,6	4,6	4,8	33,8	34,7	36,4
29	92,3	2,5	12,0	12,3	31,4	32,2	36,7
30	84,8	2,3	12,9	13,2	30,3	31,0	35,7
33	94,2	2,3	4,7	4,8	32,2	32,9	34,6
34	91,7	2,3	12,8	13,0	30,5	31,2	35,9
36	85,9	2,0	10,7	10,9	31,7	32,4	36,3
38	88,7	1,8	11,6	11,8	31,3	31,9	36,2
40	95,4	1,9	4,1	4,2	33,5	34,2	35,6
41	94,8	1,8	6,5	6,6	31,2	31,7	34,0
43	84,4	1,8	10,9	11,1	29,5	30,0	33,8
45	82,9	1,6	14,2	14,4	27,1	27,5	32,2
46	85,6	1,5	8,8	8,9	31,0	31,4	34,5
48	84,0	1,4	4,5	4,5	30,7	31,2	32,7
51	96,5	1,3	3,8	3,8	32,1	32,6	33,9
52	85,0	1,2	10,8	10,9	30,2	30,6	34,3
54	89,4	1,3	9,1	9,2	29,1	29,5	32,5
mid	83,6	2,4	8,7	8,9	31,7	32,6	35,7
van	52,5	1,2	2,0	2,1	27,1	27,5	32,2
tot	96,5	3,8	20,5	21,1	36,3	37,6	40,2

Tabel 9. Proximaal analyse (FL = drijvend monster; S.G. < 1.4; Hé = vochtgehalte; As = asgehalte; VM = vluchtige bestanddelen in %, ad = air-dried, monster zoals geanalyseerd, d = droog met correctie voor vochtgehalte, daf = droog-asvrij met correctie voor vocht- en asgehalte (ISSeP))

laag	C ad	C d	C daf	H ad	H d	H daf	N ad	N d	N daf	O ad	O d	O daf
3	76,1	78,8	81,6	5,08	5,26	5,45	1,66	1,72	1,78	9,8	10,2	10,5
7	76,0	79,0	81,0	5,06	5,26	5,39	1,84	1,91	1,96	9,7	10,0	10,3
9	70,2	72,9	80,9	4,56	4,74	5,26	1,65	1,71	1,90	9,3	9,6	10,7
10	74,0	76,8	80,8	4,95	5,14	5,40	1,66	1,72	1,81	9,5	9,8	10,3
13	73,9	76,7	81,9	4,92	5,10	5,45	1,71	1,77	1,90	8,7	9,0	9,6
14	68,3	70,5	79,5	4,90	5,05	5,70	1,65	1,70	1,92	7,3	7,5	8,4
16	79,0	81,7	83,5	5,10	5,28	5,39	1,67	1,73	1,76	8,3	8,6	8,8
17	74,9	77,4	82,9	5,12	5,29	5,66	1,57	1,62	1,74	8,0	8,2	8,8
19	62,7	64,6	81,8	4,40	4,53	5,74	1,35	1,39	1,76	7,3	7,5	9,5
25	66,1	67,9	83,2	4,63	4,76	5,82	1,50	1,54	1,89	6,6	6,7	8,3
27	73,7	75,7	83,3	4,65	4,78	5,26	1,56	1,60	1,76	7,9	8,2	9,0
28	77,9	80,0	84,0	4,98	5,11	5,37	1,71	1,76	1,84	7,5	7,7	8,1
29	71,4	73,2	83,5	4,79	4,91	5,60	1,51	1,55	1,77	6,8	6,9	7,9
30	71,7	73,4	84,5	4,56	4,67	5,38	1,36	1,39	1,60	6,5	6,7	7,7
33	78,8	80,6	84,6	5,01	5,13	5,38	1,60	1,64	1,72	7,1	7,3	7,6
34	71,6	73,2	84,2	4,72	4,83	5,55	1,46	1,49	1,72	6,6	6,7	7,7
36	73,3	74,8	84,0	4,90	5,00	5,61	1,49	1,52	17,10	6,8	7,0	7,8
38	73,2	74,6	84,6	4,85	4,94	5,60	1,39	1,42	1,61	6,0	6,1	6,9
40	80,1	81,7	85,2	5,20	5,30	5,53	1,40	1,43	1,49	6,5	6,6	6,9
41	78,4	79,9	85,5	4,92	5,01	5,36	1,46	1,49	1,59	6,1	6,2	6,6
43	74,3	75,6	85,1	4,55	4,63	5,21	1,48	1,51	1,69	5,5	5,6	6,3
45	73,1	74,2	86,7	4,35	4,42	5,16	1,27	1,29	1,51	5,0	5,1	5,9
46	77,6	78,7	86,4	4,83	4,90	5,38	1,45	1,47	1,62	5,2	5,2	5,7
48	82,1	83,2	87,2	5,15	5,22	5,47	1,55	1,57	1,65	4,8	4,9	5,1
51	82,4	83,5	86,8	5,37	5,44	5,66	1,45	1,47	1,53	4,7	4,8	5,0
52	75,6	76,5	85,9	4,83	4,89	5,49	1,39	1,41	1,58	4,6	4,7	5,3
54	77,5	78,5	86,5	4,91	4,98	5,48	1,51	1,53	1,69	5,0	5,1	5,6
mid	74,6	76,4	83,9	4,86	4,98	5,47	1,53	1,57	1,72	6,9	7,1	7,8
van	62,7	64,6	79,5	4,35	4,42	5,16	1,27	1,29	1,49	4,6	4,7	5,0
tot	82,4	83,5	87,2	5,37	5,44	5,82	1,84	1,91	1,96	9,8	10,2	10,7

Tabel 10. ULTIMAAT ANALYSE (INIEX-ISSeP)

C = koolstof; H = waterstof; N = stikstof; O = zuurstof-rest

ad = air-dried, monster zoals geanalyseerd; d = droog met correctie voor vochtgehalte;

daf = droog-asvrij met correctie voor vocht- en asgehalte

mid = gemiddelde waarde; van = minimale waarde; tot = maximale waarde

laag	Stot ad	Stot d	Stot daf	Spyr ad	Spyr d	Spyr daf	As d	dak
3	0,62	0,64	0,66	0,01	0,01	0,01	3,4	floodplain/zand
7	1,32	1,37	1,41	0,20	0,21	0,21	2,4	moeras/klei
9	1,09	1,13	1,26	0,12	0,12	0,14	9,9	floodplain/silt
10	1,54	1,60	1,68	0,24	0,25	0,26	4,9	meer/klei
13	0,97	1,01	1,08	0,18	0,19	0,20	6,4	floodplain/klei
14	3,77	3,89	4,39	1,66	1,71	1,93	11,4	marien/klei
16	0,51	0,53	0,54	0,01	0,01	0,01	2,1	meer/klei onder washout
17	0,81	0,84	0,90	0,02	0,02	0,02	6,6	floodplain/silt
19	0,90	0,93	1,17	0,12	0,12	0,16	21,1	open meer/klei
25	0,67	0,69	0,84	0,06	0,06	0,08	18,4	open meer/klei
27	0,66	0,68	0,75	0,02	0,02	0,02	9,1	meer/klei onder washout
28	0,63	0,65	0,68	0,01	0,01	0,01	4,8	floodplain/zand
29	1,06	1,09	1,24	0,06	0,06	0,07	12,3	meer/silt
30	0,68	0,70	0,80	0,05	0,05	0,06	13,2	open meer/klei
33	0,59	0,60	0,63	0,01	0,01	0,01	4,8	open meer/silt
34	0,65	0,67	0,76	0,02	0,02	0,02	13,0	meer/klei
36	0,77	0,79	0,88	0,04	0,04	0,05	10,9	meer/klei
38	1,13	1,15	1,31	0,23	0,23	0,27	11,8	zwakmarien/klei
40	0,77	0,78	0,82	0,03	0,03	0,03	4,2	meer/klei
41	0,86	0,88	0,94	0,11	0,11	0,12	6,6	meer/klei
43	1,52	1,55	1,74	0,41	0,42	0,47	11,1	open meer/klei
45	0,57	0,58	0,68	0,03	0,03	0,04	14,4	open meer/silt
46	0,74	0,75	0,82	0,06	0,06	0,07	8,9	floodplain/silt
48	0,53	0,54	0,56	0,01	0,01	0,01	4,5	open meer/klei
51	0,97	0,98	1,02	0,06	0,16	0,17	3,8	open meer/klei
52	1,56	1,58	1,77	0,52	0,53	0,59	10,9	floodplain/klei
54	0,65	0,66	0,73	0,06	0,06	0,07	9,2	open meer/klei
mid	0,98	1,01	1,11	0,16	0,17	0,19	8,9	
van	0,51	0,53	0,54	0,01	0,01	0,01	2,1	
tot	3,77	3,89	4,39	1,66	1,71	1,93	21,1	

Tabel 11. ZWAVELGEHALTE (S tot aal en pyr itisch zwavelgehalte) - (INIEX-ISSeP)
met asgehalte koollaag en paleomilieu/lithologie van dak koollaag
ad = air-dried, monster zoals geanalyseerd; d = droog met correctie voor vochtgehalte;
daf = droog-asvrij met correctie voor vocht- en asgehalte
mid = gemiddelde waarde; van = minimale waarde; tot = maximale waarde

laag	PCsup ad	PCsup d	PCsup daf	PCinf ad	PCinf d	PCinf daf
3	31000	32110	33235	29870	31030	32115
7	30860	32080	32850	29730	30995	31740
9	28195	29300	32495	27165	28325	31415
10	29995	31150	32710	28890	30095	31595
13	29815	30935	33020	28720	29880	31895
14	28015	28885	32370	26940	27845	31195
16	31660	32755	33450	30530	31665	32340
17	30420	31415	33645	29290	30330	32480
19	25335	26095	33035	24360	25160	31855
25	26510	27230	33340	25500	26250	32140
27	29845	30650	33730	28825	29670	32645
28	31570	32420	34040	30485	31365	32935
29	28700	29440	33565	27655	28430	32410
30	28595	29265	33705	27595	28305	32595
33	31750	32500	34120	30665	31445	33015
34	28960	29635	34080	27935	28640	32935
36	29825	30445	34150	28770	29415	32995
38	29785	30335	34370	28745	29320	33215
40	32650	33265	34720	31535	32175	33580
41	31730	32320	34580	30675	31285	33475
43	29820	30365	34090	28845	29410	33015
45	29000	29465	34420	28070	28555	33360
46	31245	31705	34795	30215	30695	33685
48	32170	32640	34185	31075	31560	33060
51	33555	34005	35340	32415	32885	34175
52	30695	31075	34800	29675	30070	33670
54	31365	31785	35005	30325	30760	33880
mid	30115	30860	33845	29055	29835	32720
van	25335	26095	32370	24360	25160	31195
tot	33555	34005	35340	32415	32885	34175

Tabel 12. CALORISCH VERMOGEN (INIEX-ISSeP)

PCsup = bovenwaarde; PCinf = onderwaarde

ad = air-dried, monster zoals geanalyseerd; d = droog met correctie voor vochtgehalte;

daf = droog-asvrij met correctie voor vocht- en asgehalte

mid = gemiddelde waarde; van = minimale waarde; tot = maximale waarde

laag	IG	T1	T2	T3	a%	b%
3	1,0	365	540		-27	
7	1,0	375	530		-25	
9	1,0	365	540		-16	
10	1,0	370	540		-20	
13	1,0	370	540		-23	
14	1,0	390	525		-17	
16	1,0	360	540		-17	
17	1,0	385	540		-24	
19	0,0	390	540		-7	
25	0,0	395	540		-9	
27	1,0	385	510		-35	
28	1,5	380	505		-48	
29	1,0	390	525		-35	
30	1,0	390	530		-25	
33	1,5	390	520		-45	
34	1,5	355	515		-39	
36	2,5	380	425	450	-39	-33
38	3,5	380	425	450	-38	-21
40	3,5	375	425	455	-40	-19
41	4,5	390	430	455	-39	-24
43	2,0	380	510		-38	
45	1,0	385	495		-29	
46	3,5	390	425	460	-35	-9
48	4,5	380	425	455	-38	0
51	4,0	385	420	450	-37	-2
52	2,5	385	430	455	-31	-23
54	3,5	390	430	455	-31	-8
van	0,0	355	420	450	-48	-33
tot	4,5	395	540	460	-7	0

Tabel 13. VERKOOKSINGSEIGENSCHAPPEN (INIEX-ISSeP)
 zwellingsindex (IG) volgens M11-001 en dilatometrie volgens Audibert-Arnu (NBN 831-05)
 T1-3 in °C; a% = contractie; b% = dilatatie
 van = minimale waarde; tot = maximale waarde

laag	Rm%	V	E	I	Min	V pur	E pur	I pur
3	0,68	42	31	24	2	43	32	25
7	0,67	48	35	15	2	49	36	15
9	0,68	50	33	12	6	53	35	12
10	0,68	46	33	18	3	47	34	19
13	0,69	47	31	19	4	49	32	20
14	0,66	56	27	10	7	60	29	11
16	0,71	43	23	33	1	43	23	34
17	0,71	43	29	25	3	44	30	26
19	0,73	43	24	17	16	50	29	21
25	0,75	49	23	17	11	55	25	20
27	0,78	52	23	21	4	54	24	22
28	0,76	49	23	25	4	50	24	25
29	0,77	54	22	15	9	59	24	16
30	0,74	48	21	23	8	52	22	25
33	0,83	50	25	22	3	52	26	23
34	0,80	52	20	23	6	55	21	24
36	0,84	59	22	12	7	64	24	13
38	0,81	58	16	19	7	62	17	20
40	0,85	56	19	23	1	57	20	23
41	0,87	56	19	23	3	57	19	24
43	0,87	54	18	18	9	60	20	20
45	0,90	44	17	31	7	48	18	34
46	0,91	52	14	28	6	56	15	29
48	0,94	53	16	29	2	54	16	30
51	0,93	47	16	36	1	48	16	36
52	0,89	51	13	30	6	54	14	32
54	0,97	61	11	22	6	65	12	23
mid	0,79	50	22	22	5	53	24	23
van	0,66	42	11	10	1	43	12	11
tot	0,97	61	35	36	16	65	36	36

Tabel 14. VITRINIETREFLECTIVITEIT (R random) EN MACERAALANALYSE (INIEX-ISSeP)
Vitriniet, Exiniet, Inertiniet, Mineral Matter in vol. %, met correctie voor mineral matter (pur)
mid = gemiddelde waarde; van = minimale waarde; tot = maximale waarde

laag	Vit	Lip	Iner	Clar	Dur	Vint	Trim	Ster
3	1	0	3	36	5	2	51	3
7	1	0	1	45	3	1	48	1
9	1	0	1	56	0	1	32	8
10	0	0	4	50	5	1	38	3
13	0	0	4	45	3	1	41	5
14	1	0	1	56	0	1	26	15
16	1	0	10	29	6	4	49	1
17	1	0	7	40	5	2	43	2
19	3	0	7	43	2	3	27	15
25	4	0	5	46	1	3	28	13
27	1	0	5	46	3	3	36	5
28	0	0	2	34	8	2	51	2
29	1	0	3	50	2	2	31	10
30	1	0	5	32	6	5	44	8
33	1	0	4	43	7	3	39	2
34	3	0	4	40	8	4	33	9
36	7	0	2	55	1	4	23	7
38	10	0	4	34	6	8	30	8
40	6	0	4	33	7	8	41	1
41	11	0	4	38	6	8	30	3
43	11	0	4	36	4	8	26	10
45	8	1	12	27	15	7	24	7
46	11	1	8	23	8	11	30	8
48	8	0	5	19	7	15	44	2
51	12	1	8	13	15	13	41	1
52	13	1	7	13	6	13	37	9
54	22	1	6	17	6	13	28	8
mid	5	0	5	37	5	5	36	6
van	0	0	1	13	0	1	23	1
tot	22	1	12	56	15	15	51	15

Tabel 15. MICROLITHOTYPEN (INIEX-ISSeP)

Vitriet, Liptiet, Inertiet, Clariet, Duriet, Vint = Vitrinertiet, Trim aceralen, Ster ielen in vol.%
mid = gemiddelde waarde; van = minimale waarde; tot = maximale waarde

laag	ECE 1956	EEG 1988
3	611	06,0,27,1,38,03,06,33
7	611	06,0,18,1,38,02,13,32
9	611	06,0,18,1,36,09,11,32
10	611	06,0,17,1,36,04,16,32
13	611	06,0,27,1,36,06,10,33
14	711	06,0,16,1,40,11,38,32
16	611	07,0,35,1,32,02,05,33
17	611	07,0,27,1,36,06,08,33
19	601	07,0,26,0,36,21,09,33
25	601	07,0,26,0,36,18,06,33
27	611	07,0,25,1,36,09,06,33
28	611	07,0,25,1,36,04,06,34
29	611	07,0,15,1,36,12,10,33
30	611	07,0,25,1,34,13,07,33
33	611	08,0,26,1,34,04,06,34
34	611	08,0,25,1,34,13,06,34
36	622	08,0,15,2,36,10,07,34
38	622	08,0,24,3,36,11,11,34
40	622	08,0,25,3,34,04,07,34
41	632	08,0,24,4,34,06,08,34
43	611	08,0,25,2,32,11,15,34
45	511	09,0,34,1,32,14,05,34
46	622	09,0,24,3,34,08,07,34
48	532	09,0,34,4,32,04,05,34
51	622	09,0,34,4,32,03,09,35
52	622	08,0,33,2,34,10,15,34
54	522	09,0,23,3,32,09,06,35

*Tabel 16. STEENKOOLCLASSIFICATIE
volgens ECE 1956 norm en EEG 1988 norm (zie tabel 17)*

Digit	Random Reflectance of Vitrinite %	Characteristics of Reflectogram see Table 2 and Annex I	Maceral Group Composition Index & by vol. (mmf)			Swelling Crucible Number	Volatile Matter mass % (daf)	Ash mass % (db)	Total Sulphur mass % (db)	Gross Calorific Value MJ/kg (daf)
			4	5	6					
02	0.20-0.29	0	0	0	0	≥48	00	0.0-0.1	13;14	<22
03	0.30-0.39	1	0-10	1	0-5	46-48	01	0.1-0.2	21	22-23
04	0.40-0.49	2	10-20	1	0-5	44-46	02	0.2-0.3	22	23-24
05	0.50-0.59	3	20-30	2	5-10	42-44	03	0.3-0.4	23	24-25
06	0.60-0.69	4	30-40	3	10-15	40-42	04	0.4-0.5	24	25-26
07	0.70-0.79	5	40-50	4	15-20	38-40	05	0.5-0.6	25	26-27
08	0.80-0.89	5	50-60	5	20-25	36-38	06	0.6-0.7	26	27-28
09	0.90-0.99	5	60-70	6	25-30	34-36	07	0.7-0.8	27	28-29
10	1.00-1.09	5	70-80	7	30-35	32-34	08	0.8-0.9	28	29-30
11	1.10-1.19	5	80-90	8	35-40	30-32	09	0.9-1.0	29	30-31
12	1.20-1.29	5	≥90	9	≥40	28-30	10	1.0-1.1	30	31-32
13	1.30-1.39	5				26	11	1.1-1.2	31	32-33
14	1.40-1.49	5				24	12	1.2-1.3	32	33-34
15	1.50-1.59	5				22	13	1.3-1.4	33	34-35
16	1.60-1.69	5				20	14	1.4-1.5	34	35-36
17	1.70-1.79	5				18	15	1.5-1.6	35	36-37
18	1.80-1.89	5				16	16	1.6-1.7	36	37-38
19	1.90-1.99	5				14	17	1.7-1.8	37	38-39
20	2.00-2.09	5				12	18	1.8-1.9	38	≥39
21	2.10-2.19	5				10	19	1.9-2.0	39	
22	2.20-2.29	5				09	20	2.0-2.1		
23	2.30-2.39	5				08	8-9	2.1-2.2		
24	2.40-2.49	5				07	7-8	2.2-2.3		
25	2.50-2.59	5				06	6-7	2.3-2.4		
26	2.60-2.69	5				05	5-6	2.4-2.5		
27	2.70-2.79	5				04	4-5	2.5-2.6		
28	2.80-2.89	5				03	3-4	2.6-2.7		
29	2.90-2.99	5				02	2-3	2.7-2.8		
30	3.00-3.09	5				01	1-2	2.8-2.9		

Tabel 17. Nieuwe steenkoolcodering volgens EEG-UNECE augustus 1988 (ECE/COAL/115)

6. BESLUITEN

Boring KB174 Hechtel-Hoef is een belangrijke schakel in het onderzoek van het Kempisch steenkoolbekken. De goede kwaliteit van kernen en boorgatmetingen over een lang, storingsvrij traject ligt aan de basis van uitvoerige analyses en interpretaties die voor het gehele bekken van belang kunnen zijn.

De niet-gekernde Perm-Trias lagen werden voor het eerst ingedeeld volgens de nieuwste stratigrafische inzichten, reeds samengevat in Wouters & Vandenberghe (1994), met herkenning van een logische sedimentologische sequentie, van marien over littoraal tot fluviatiel en floodplain met grofkorrelige floodsheets en klei-playas.

De boring ligt in het noorddeel van het rijkste paneel van het Beringen-Zolder Noordveld, aansluitend op de mijn van Houthalen, en bevestigt de steenkoolrijkdom van de Westphaliaan A/B overgangslagen, zelfs indien de resultaten van boringen KS12 en KB206 niet geëvenaard worden. Toch ligt de steenkoolrijkdom 30% boven het gemiddelde voor het Beringen-Zolder Noordveld. Dit is niet zozeer te wijten aan een grotere dikte van de koollagen (gemiddeld 127 cm netto kooldikte van potentieel exploitatieerbare koollagen in boring KB174 tegenover 122 cm voor het gehele Beringen-Zolder Noordveld) als wel aan een groter aantal dikkere koollagen, vooral in het Westphaliaan B.

Het sedimentologisch model, vermeld in Dreesen (1993) en toegespit op de boringen KB174-206 door Paproth et al. (1996) vormt de grondslag voor stratigrafische en regionale verschillen in regelmaat van koollagen, de steenkooleigenschappen en heterogeen materiaal. De toename van de hydrografische gradiënt tijdens de afzetting van het Westphaliaan B leidt tot een vermindering van het kolengehalte maar ook tot een ruimtelijke stabilisering van de goed ontwikkelde koollagen en homogenisering van de steenkooleigenschappen. De sterkere mariene invloed in boring KB174 in vergelijking met de meer zuidelijk of oostelijk gelegen boringen kan geleid hebben tot meer frequente overstromingen en heterogeniteit in de koollagen, en hogere as- en zwavelgehalten. Andere parameters zoals koolstofgehalte of calorische waarde zijn meer onafhankelijk van afzettingsomstandigheden en blijken meer gebonden aan de inkoling.

Boring KB174 is gelegen aan de noordostrand van een inkolingsminimum, vastgesteld door Langenaeker (1992) in het Beringen-Zolder Noordveld, langs de opgeheven westzijde van het Donderslag breuksysteem. Hier heeft zeker geen na-inkoling tijdens het Jura (Cimmerische orogene fase) plaatsgevonden. Het resultaat is de aanwezigheid van vlamkool en gasvlamkool, geschikt voor verbranding en carbochemie, maar niet voor de metallurgie. De geringe thermische evolutie, gekoppeld aan doorlopend zwak-mariene beïnvloeding van het sediment, leidt tot een voor het Kempisch Bekken ongebruikelijke dominantie van type II kerogenen, met hoog potentieel voor de generatie van koolwaterstoffen. Vrij, opwaarts gemigreerd methaangas werd overvloedig aangetroffen in de onderste helft van de boring bij het doorboren van koollagen en zelfs van enkele zandsteenlagen. De naburige boring KB118 Leopoldsburg werd het toneel van een heuse olievondst - zonder commerciële waarde - in een diepe breukzone (Legrand & Delmer in annex).

7. DANKWOORD

De uitvoering van deze boring werd mogelijk gemaakt door de inzet van J. Medaets, Directeur-Generaal van het Mijnwezen, A. Delmer en J. Bouckaert, Directeurs van de BGD, die de steenkoolexploratieprogramma's actief ondersteunden. De boring werd deskundig afgewerkt door de boorders van Smet onder werfleiders J. Buntinx, L. Vandenberg en L. Van den Langenberg, toezichter V. Mermans en algemeen verantwoordelijke P. Jacobs. Het grondstuk voor de boring werd bereidwillig ter beschikking gesteld door de Heer L. Vanderheyden, landbouwer. Geologen Margriet Klok en M. Meyskens, beiden tijdelijk verbonden aan de BGD, werkten mee aan de boorbeschrijving en het doorkloppen der kernen. De beschrijving van de Rode Gesteenten steunt op een bijdrage van J. Van Looy. Röntgenanalyses op de tonstein monsters werden uitgevoerd door wijlen Dr. G. Stadler, Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld. Rockeval analyses werden ter beschikking gesteld door Labofina, waarvoor wij P. Leplat danken. Identificatie en correlatie van koollagen werden voortdurend verfijnd dank zij de waardevolle inbreng van D. Schmitz (Bochum), A. Schuster (Neuenhaus), J. Tricot (KS) en P. Verkaeren (KS).

8. REFERENTIES

- Bachmann, M. & Engels, K.E., 1967 - Die bisherigen Kaolin-Kohlentonstein-Funde im höheren Westfal A und tieferen Westfal B im linksrheinischen Steinkohlenbergwerk Rheinpreußen. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, **13**, **2**: 1217-1244.
- Banks, N.L.; Collinson, J.D.; Guion, P.D.; McMahon, A.; Leppard, R. & Lynch, A., 1989 - Carboniferous reservoir architecture. Volume 2. Sedimentology. ECL Petroleum Technologies, Henley on Thames, 31 p., 33 pl.
- Boonen, P.; Dusar, M. & Somers, Y., 1985 - De steenkoolverkenningss boring Opglabbeek-Louwelsbroek. *Belg. Geol. Dienst, Prof. Paper 1985/5 Nr. 218*, 78 p.
- Bouckaert, J. & Dusar, M., 1987 - Arguments géophysiques pour une tectonique cassante en Campine (Belgique), active au Paléozoïque supérieur et réactivée depuis le Jurassique supérieur. *Ann. Soc. Géol. Nord*, **106**: 201-208.
- Burger, K., 1962 - Die Kaolin-Kohlentonsteine der Unteren und Mittleren Essener Schichten des Westfal B im mittleren Ruhrrevier. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, **3**, **2**: 563-580.
- Burger, K., 1965 - Kaolin-Übergangstonstein - das genetisch-fazielle, bilaterale Bindeglied zwischen Kaolin-Kohlentonstein und Kaolin-Pseudomorphosentonstein. *Geol. Mitt.*, **4**: 115-152.
- Burger, K., 1967 - Zur strukturellen und faziellen Ausbildung der Kaolin-Kohlentonstein führenden Flöze der Unteren und Mittleren Essener Schichten (Westfal B) im mittleren Ruhrrevier. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, **13**, **2**: 1245-1280.
- Burger, K., 1971 - Monographie des Kaolin-Kohlentonsteins Zollverein 8 in den Essener Schichten (Westfal B1) des niederrheinisch-westfälischen Steinkohlenrevier. Teil I. Der Kaolin-Kohlentonstein Zollverein 8, sein Auftreten im Flöz- und Schichtenverband, seine makroskopische Ausbildungsform und seine bedeutung für die Stratigraphie im Ruhrkarbon. *Forschungsbericht Land Nordrhein-Westfalen*, **Nr. 2125**. Westdeutscher Verlag Köln u. Opladen. 96 p.
- Caers, J.; Swennen, R. & Dusar, M., 1996 - Diagenetic history of Westphalian A and B fluvio-deltaic deposits: an example from the KB206 Peer borehole (Campine Basin, NE-Belgium). *Zbl. Geol. Paläont. Teil I*, **11/12 (1994)**: 1211-1236.
- Calver, M.A., 1956 - Die stratigraphische Verbreitung der nicht-marinen Muscheln in den penninischen Kohlenfeldern Englands. *Zt. deutsch. Geol. Ges.*, **107**: 26-39.
- De Fraye, J., 1987 - Interpretatie van de seismische campagne 'Leopoldsburg 1984' De toepassing van synthetische seismogrammen in het Steenkoolterrein. K.U.Leuven, Dept. Geografie-Geologie, Lic. Verhand.
- Delmer, A., 1963 - Carte des Mines du Bassin houiller de la Campine. *Ann. Mines Belg.*, **t.1963**: 739-754.
- Demyttenaere, R., 1988 - De Post-Paleozoische geschiedenis van Noord-België. K.U.Leuven, Fac. Wetenschappen, Historische geologie. Doctoraal Proefschrift.
- Demyttenaere, R., 1989 - The post-paleozoic geological history of north-eastern Belgium. *Academiae Analecta* **51 Nr. 4**: 51-81.
- DNB, 1984 - Prospektie naar het potentieel van nieuwe mijnexploitaties. Studie Steenkolen. Werkdocument voor de stuurgroep van 26 april 1984. Brussel.
- Dreesen, R., 1993 - Seam thickness and geological hazards forecasting in deep coal mining: a feasibility study from the Campine Collieries (N-Belgium). *Bull. Soc. Belge Géol.*, **101**: 209-254.
- Dreesen, R.; Bossiroy, D.; Dusar, M.; Flores, R.M. & Verkaeren, P., 1995 - Overview of the influence of syndimentary tectonics and palaeofluvial systems on coal seam and sand body characteristics in the Westphalian C

strata, Campine basin, Belgium. In Whateley, M.K.G. & Spears, D.A., eds. European Coal Geology. *Geol. Soc. Special Publication* 82: 215-232.

Dusar, M.; Bless, M.J.M.; Borremans, G.; Bouckaert, J.; Burger, K.; Lie, S.F.; Muchez, Ph.; Paproth, E.; Pierart, P.; Somers, Y.; Streel, M.; Van Looy, J. & Viaene, W., 1987a - De steenkoolverkenningboring Gruitrode - Muisvenner Bemden (boring 169 van het Kempens bekken). *Belg. Geol. Dienst, Prof. Paper 1987/1* Nr. 228, 107 p.

Dusar, M.; Bless, M.J.M.; Borremans, G.; Burger, K.; De Loose, J.; Fairon-Demaret, M.; Felder, P.J.; Gullentops, F.; Lie S.F.; Muchez, Ph.; Paproth, E.; Pierart, P.; Rossa, H.G.; Smolderen, A.; Somers, Y.; Steurbaut, E.; Streel, M.; Viaene, W.; Witte, H. & Wouters, L., 1987b - De steenkoolverkenningboring Gruitrode - Ophovenderheide (boring 172 van het Kempens bekken). *Belg. Geol. Dienst, Prof. Paper 1987/3* Nr. 230, 235 p.

Dusar, M.; Bouckaert, J. & Verkaeren, P., 1991 - The hard coal reserves of the Campine mining basin. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 113: 127-128.

Dusar, M.; Loboziak, S.; Streel, M.; van Amerom, H.W.J. & van de Laar, H.G.M., 1995 - Caractéristiques paléontologiques des couches de transition Westphalien A/B dans le bassin de Campine (sondage de Peer KB206), Belgique. *Sci. Géol., Bull. (Strasbourg)*, 48, 1-3: 3-19.

Espitalie, J.; Laporte, J.L.; Madec, M.; Marquis, F.; Leplat, P.; Paulet, J. & Boutefeu, A., 1977 - Rapid method for source rock characterisation and for evaluating their petroleum potential and their degree of evolution. Institut Français de Pétrole - Labofina rapport, 19 p + 14 fig.

Felder, P.J.; Bless, M.J.M.; Demyttenaere, R.; Dusar, M.; Meessen, J.P.M.Th. & Robaszynski, F., 1985 - Upper Cretaceous to Early Tertiary deposits (Santonian-Paleocene) in Northeastern Belgium and South Limburg (The Netherlands) with reference to the Campanian-Maastrichtian. *Belg. Geol. Dienst, Prof. Paper 1985/1* Nr. 214, 151 p.

Felder, P.J., 1994 - Bioklasten-onderzoek van Boven-Krijt en Dano-Montiaan afzettingen uit boringen in de Belgische Kempen. *Belg. Geol. Dienst, Prof. Paper 1994/8* Nr. 275, 240 p.

Hardy, M., 1992 - Distribution latérale du palynofacies et de la mégaflore en fonction du contexte sédimentaire (Westphalien A et B du Bassin de Campine, sondage KB174). Univ. Liège, Fac. Sciences, Mém. Lic.

Hardy, M., 1993 - Factors controlling the organic content in Westphalian siliciclastic continental sediments: depositional environments or lithofacies? Univ. Liège, Fac. Sciences, Masters Thesis.

Hellweg, W. (Steinkohlenbergbauverein), 1981 - Synopse der nationalen Richtlinien zur Kohlenvorratsberechnung. In: Ermittlung, Beschreibung und Bewertung von Steinkohlenlagerstätten in den Ländern der Europäischen Gemeinschaft, Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Luxemburg.

Herbst, G.; Körner, K. & Stadler, G., 1962 - Kaolin-Kohlentonsteine im Oberkarbon des Aachener Reviers. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, 3, 2: 591-604.

Josten, K.H., 1962 - Die wichtigsten Pflanzen-Fossilien des Ruhrkarbons und ihre Bedeutung für die Gliederung des Westfals. *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, 3, 2: 753-772.

Kimpe, W.F.M., 1962 - Die bisherigen Kaolin-Kohlentonstein-Funde im Oberen Westfal A und Unterem Westfal B Südlimburgs (Niederlande). *Fortschr. Geol. Rheinld. u. Westf.*, 3, 2: 605-618.

Langenaeker, V., 1987 - Stratigrafische en structurele interpretatie van de seismische campagne Leopoldsburg 1984. KULeuven, Dept. Geografie-Geologie, Lic. Verhand.

Langenaeker, V., 1992 - Coalification maps for the Westphalian of the Campine coal basin. *Belg. Geol. Dienst, Prof. Paper 1992/6* Nr. 256, 38 p.

Langenaeker, V. & Dusar, M., 1992 - Subsurface facies analysis of the namurian and earliest Westphalian in the Western part of the Campine basin (N-Belgium). *Geologie en Mijnbouw*, 71: 161-172.

- Laveine, J.P., 1967 - Contribution à l'étude de la flore du terrain houiller: les Neuroptéridées du Nord de la France. *Et. Géol. Atlas Topogr. Souter., Serv. géol. H.B.N.P.C.*, **1**, **5**: 344 p.
- Laveine, J.P.; Coquel, R. & Loboziak, S., 1977 - Phylogénie générale des Calliptéridacées (Pteridospermopsida). *Geobios*, **10/6**: 757-847.
- Lie Sun Fan, 1985 - Technical report well KB174 Hechtel-Hoef. Belg. Geol. Survey Internal Report.
- Paproth, E.; Dusar, M.; Bless, M.J.M.; Delmer, A.; Fairon-Demaret, M.; Houlleberghs, E.; Laloux, M.; Pierart, P.; Somers, Y.; Streel, M.; Thorez, J. & Tricot, J., 1983 - Bio- and lithostratigraphic subdivisions of the Silesian in Belgium, a review. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **106**: 241-283.
- Paproth, E.; Dusar, M.; Verkaeren, P. & Bless, M.J.M., 1996 - Stratigraphy and cyclic nature of Lower Westphalian deposits in the boreholes KB174 and KB206 in the Belgian Campine. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **118** (in press).
- Rabitz, A. & Wolf, M., 1967 - Asphaltspuren in bituminösen Schiefertönen im Unteren Westfal B des Ruhrkarbons. *Erdöl und Kohle-Erdgas-Petrochemie* **20**: 257-261.
- Rossa, H.G., 1985 - Upper Cretaceous and Tertiary inversion tectonics in the western part of the Rhenish-Westphalian coal district (FRG) and in the Campine area (N. Belgium). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, **109**: 367-410.
- Schuster, A. & Schmitz, D., 1989 - Überregionale Konnektierungen geophysikalischer Bohrlochmessungen im Oberkarbon Nordwestdeutschlands, der Niederlande und Belgien. DGMK Berichte, Forschungsbericht 468 "Der tiefere Untergrund des nordwestdeutschen Beckens". *Beiträge DGG/DGMK-Gemeinschaftstagung Braunschweig*: 117-146.
- SCHLUMBERGER, 1970 - Fundamentals of dipmeter interpretation. Document, Schlumberger New York, 145 p.
- SEISMOGRAPH SERVICE, 1985 - Belgische Geologische Dienst KB-174 Well geophone survey and calibrated velocity log. Well Survey Division report.
- Streel, M. & Bless, M.J.M., 1980 - Occurrence and significance of reworked palynomorphs. *Meded. Rijks Geol. Dienst*, **32**: 69-80.
- van Amerom, H.W.J. & Pagnier, H.J.M., 1990 - Palaeoecological studies of late Carboniferous plant macrofossils from borehole Kemperkoul-1 (Sittard, The Netherlands). *Meded. Rijks Geol. Dienst*, **44**: 43-61.
- Vandenberghé, N.; Dusar, M.; Laga, P. & Bouckaert, J., 1988 - The Meer well in North Belgium. *Mém. Expl. Cartes Géol. Min. Belg.*, **25**, 23 p.
- Vandenbroucke, M.; Bordenave, M.L. & Durand, B., 1993 - Transformation of organic matter with increasing burial of sediments and the formation of petroleum in source rocks. In: Bordenave, M.L., ed., *Applied petroleum geochemistry*. Editions Technip, Paris: 101-121.
- Van Keer, I.; Ondrak, R.; Muchez, Ph.; Bayer, U.; Dusar, M. & Viaene, W., 1997 - Contrasting burial history and thermal evolution of Westphalian coal-bearing strata in the Campine Basin (NE-Belgium): the importance of post-Paleozoic tectonism and heat flow. *Geol. Mijnbouw*, In preparation.
- Veld, H. & Fermont, W.J.J., 1990 - The effect of a marine transgression on vitrinite reflectance values. *Meded. Rijks Geol. Dienst*, **45**: 151-169.
- WELEX, 1985 - Dipcal. Welex open hole report, Emmen.
- Wenselaers, P.; Dusar, M. & van Tongeren, P.C.H., 1996 - Steenkoollaag methaangaswinning in het Kempisch kolenbekken. Proefproject te Peer. *Min. Vlaamse Gemeenschap*, D/7626/1996/1.
- Wouters, L. & Vandenberghé, N., 1994 - Geologie van de Kempen. Een synthese. NIRAS, Brussel, 208 p.